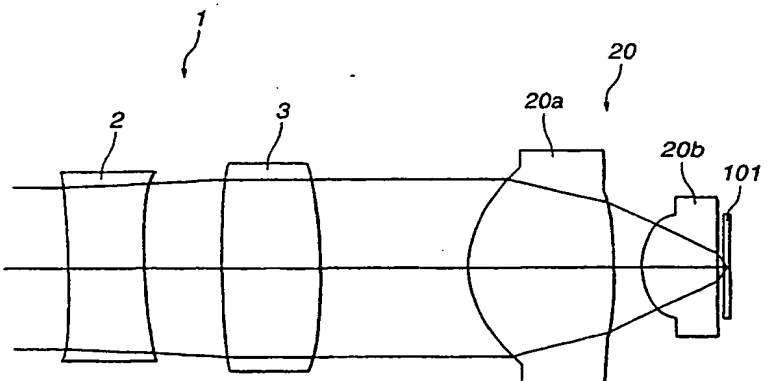




(51) 国際特許分類6 G02B 13/00, G11B 7/135	A1	(11) 国際公開番号 WO00/23841 (43) 国際公開日 2000年4月27日(27.04.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/05856 (22) 国際出願日 1999年10月22日(22.10.99) (30) 優先権データ 特願平10/301480 1998年10月22日(22.10.98) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) ソニー株式会社(SONY CORPORATION)[JP/JP] 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 山本健二(YAMAMOTO, Kenji)[JP/JP] 大里 潔(OHSATO, Kiyoshi)[JP/JP] 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo, (JP) (74) 代理人 小池 晃, 外(KOIKE, Akira et al.) 〒105-0001 東京都港区虎ノ門二丁目6番4号 第11森ビル Tokyo, (JP)		(81) 指定国 KR, SG, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE) 添付公開書類 国際調査報告書
(54)Title: OPTICAL HEAD AND RECORDING/REPRODUCING DEVICE (54)発明の名称 光学ヘッド及び記録再生装置  (57) Abstract An optical head having an objective lens with a high numerical aperture of 0.8 or more comprising, in order to correct a spherical aberration due to the manufacture errors of an optical recording medium and a lens, to correct a chromatic aberration sufficiently even when a short-wave semiconductor laser is used, and to correct an aberration which is caused when an identical optical system is used for beams of different wavelengths: a light source; an objective lens (20) composed of two or more lenses and having a numerical aperture of 0.80 or more; and an aberration correcting lens group 1 arranged between those light sources and objective lens (20) and composed of a positive lens group (3) and a negative lens group (2). The aberration correcting lens group (1) corrects the spherical aberration to be caused on the individual optical faces of the optical system by making variable the distance between the positive lens group (3) and the negative lens group (2) in the optical axis direction.		

(57)要約

開口数が0.8以上の高開口数の対物レンズを備えた光学ヘッドにおいて、光学記録媒体及びレンズの製造誤差による球面収差を補正し、また、短波長半導体レーザーを用いる場合においても色収差を十分に補正し、さらに、異なる波長の光に対して同じ光学系を使用する時に生じる収差を補正するため、光源と、2枚以上のレンズで構成される開口数0.80以上の対物レンズ20と、これら光源と対物レンズ20との間に配置され正レンズ群3と負レンズ群2との2群で構成された収差補正レンズ群1とを備える。収差補正レンズ群1は、正レンズ群3と負レンズ群2との間隔が光軸方向に可変されることにより、光学系の各光学面で生ずる球面収差を補正する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	DE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	EE	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロベニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャード
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア・ビサオ	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BY	ベラルーシ	HR	クロアチア	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HU	ハンガリー	ML	マリ	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	ID	インドネシア	MN	モンゴル	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
CH	スイス	IL	イスラエル	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CI	コートジボアール	IN	インド	MX	メキシコ	US	米国
CM	カメルーン	IS	アイスランド	NE	ニジェール	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IT	イタリア	NL	オランダ	VN	ヴェトナム
CU	キューバ	JP	日本	NZ	ニュージーランド	YU	ユーゴスラビア
CY	キプロス	KE	ケニア	NO	ノルウェー	ZA	南アフリカ共和国
CZ	チェッコ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド	ZW	ジンバブエ
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KR	韓国	RO	ルーマニア		

明 細 書

光学ヘッド及び記録再生装置

技 術 分 野

本発明は、光ディスクの如き光学記録媒体に対して情報信号の記録再生を行う際に使用される光学ヘッドに関する。また、本発明は、上述のような光学ヘッドを用いて構成される記録再生装置に関する。

背 景 技 術

従来、映像情報、音声情報、または、コンピュータ用プログラムなどのデータを保存するための記録媒体として、いわゆる再生専用光ディスク、相変化型光ディスク、光磁気ディスク、または、光カードなどの如き光学記録媒体が提案されている。そして、近年、これら光学記録媒体に対する記録密度の向上及び大容量化の要求が強くなっている。

このような光学記録媒体の記録密度を上げる手段としては、このような光学記録媒体に対して情報信号の書き込み及び読出しを行う光学ヘッドにおいて、対物レンズの開口数（NA）を大きくすること、あるいは、光源の波長を短くすることにより、該対物レンズによって集光される光のスポット径を小径化することが有効である。そこで、例えば、デジタル光ディスクとして比較的初期に実用化された「CD（コンパクトディスク）（商標）」では、対物レンズの

開口数が 0.45、光源の波長が 780 nm とされているのに対して、「CD」よりも高記録密度化がなされたデジタル光ディスクである「DVD（商標）」では、対物レンズの開口数が 0.6、光源の波長が 650 nm とされている。

そして、光学記録媒体は、上述したように、さらなる記録密度の向上及び大容量化が望まれており、そのためには、対物レンズの開口数を 0.6 よりもさらに大きくし、また、光源の波長を 650 nm よりもさらに短くすることが望まれている。

しかしながら、上述の光学ヘッドにおいて、対物レンズの開口数をより大きくし、光源の波長をより短くすると、種々の問題が生じる。その問題とは、光学的な球面収差と色収差である。

球面収差は、主にレンズ、あるいは、光学記録媒体の透明基板の厚みの製造誤差、もしくは、対物レンズを複数枚のレンズで構成する場合においては、レンズ群の間隔の組立誤差などによって生じる。例えば、光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差に関しては、「CD」規格のディスクや「DVD」記録のディスクで透明基板の厚み誤差により生じる 3 次元の球面収差は、以下の〔数 1〕で示すように、対物レンズの開口数（NA）の 4 乗に比例して発生するので、対物レンズの開口数が大きくなるにつれて、厚み誤差の影響が大きくなる。

$$W_{40} = (t / 8) \times (n^2 - 1) / n^2 \times NA^4$$

・・・〔数 1〕

「CD」規格のディスクや「DVD」規格のディスクでは、透明

基板の厚みの誤差が原因で生じる球面収差が十分に小さくなるように、ディスク基板の製造公差を取り決めている。そして、これらのディスクの製造においては、透明基板の厚みを所定の公差内に収める技術があった。したがって、光学ヘッドの光学系において特段に球面収差を補正する必要はなかった。しかしながら、さらに対物レンズの開口数を大きくした場合には、許容される透明基板の厚みの誤差が極めて小さくなる。

例えば、「DVD」規格のディスクのディスク基板の厚みの公差 Δt は、 $\pm 0.03 \text{ mm}$ であり、それと同じトレランスを維持するには〔数1〕より、以下の〔数2〕を満たす必要がある。

$$\Delta t \leq 0.00388 / NA^4$$

・・・〔数2〕

この条件から、ディスク基板の厚みの公差を求めると、対物レンズの開口数 NA が 0.7 のときには、公差 Δt は $\pm 0.016 \text{ mm}$ 、開口数 $NA = 0.8$ のときには、公差 Δt は $\pm 0.0095 \text{ mm}$ 、開口数 NA が 0.85 のときには、公差 Δt は $\pm 0.0074 \text{ mm}$ となる。

しかしながら、ディスク基板の厚みの誤差は、ディスク基板の作成方法に依存するため、その精度を上げることは非常に困難である。現状のディスク基板では、安定して $10 \mu\text{m}$ 以下の厚み誤差とすることは難しく、量産した場合には歩留まりが悪く、量産として成立しない虞れがある。

次に、光学ヘッドの光学系を構成するレンズの厚みの誤差に関し

ては、例えば、モールドレンズの場合は、安定して $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚み誤差を得ることは難しい。レンズの厚みの誤差は、光学光路差として考えると、光学記録媒体の透明基板の厚み誤差にほぼ等価であり、開口数の大きい対物レンズを用いる場合には、透明基板の厚みの誤差が許容できないように、レンズの厚みの誤差によっても、再生信号に悪影響を及ぼす程度の許容できない球面収差が生じる。

さらに、開口数が 0.8 以上の高開口数の対物レンズは、複数枚のレンズで構成する必要があるため、各レンズの間に挟む合成樹脂製や金属製のスペーサーを精度よく加工しても、各レンズの間隔を安定して $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の精度に収めるのは難しい。このような対物レンズを構成する各レンズ間の間隔の誤差は、光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差と同様に球面収差の発生要因となり、再生信号に悪影響を及ぼす。また、各レンズの厚みの誤差の影響は、レンズの枚数分だけ球面収差の発生要因となり、再生信号に悪影響を与える。

このように、光学記録媒体及び光学ヘッドにおける球面収差の発生要因を全て考慮すると、開口数が 0.8 以上の複数枚のレンズ構成を有する対物レンズを備えた光学系を用いる場合においては、球面収差の発生量を光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差に換算して $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下に抑えることは、ほぼ不可能ということになる。

さらに、発光波長が短波長の半導体レーザーを使用する場合には、色収差の問題も生じる。色収差についても、球面収差とともに補正することが望まれる。

発 明 の 開 示

そこで、本発明は、上述の実情に鑑みて提案されたものであり、複数枚のレンズで構成され開口数が0.8以上の高開口数の対物レンズを備えた光学系を用いた光学ヘッドにおいて、光学記録媒体及びレンズの製造誤差による球面収差を補正することを可能とし、また、光学ヘッドの光源として短波長半導体レーザーを用いる場合においても色収差を十分に補正する。さらに、異なる波長の光に対して同じ光学系を使用する時に生じる球面収差も補正しようとするものである。

そして、本発明は、上述のような光学ヘッドを用いて構成される記録再生装置において、光学記録媒体の記録密度の向上及び大容量化を可能にしようとするものである。

上記のように、複数枚のレンズで構成され開口数（NA）が0.8以上の高開口数の対物レンズを用いる光学系においては、光学部品の製造誤差を球面収差の発生が無視できるほどに抑えることは非常に困難であるため、何らかの手段により、製造誤差に起因して発生する球面収差をキャンセルすることが望まれる。

光学系の球面収差は、各光学面で発生する収差の和で表すことができる。つまり、光学部品の製造誤差により発生する球面収差を補正することは、光源から光学記録媒体に至る光路上のどこかに、反対符号の球面収差を発生する光学部品を配置することにより可能となる。

本発明に係る光学ヘッドを構成する光学系は、光学記録媒体に対して情報信号の書き込み及び読み出しを行うときに、この光学系の各光学面が発生する球面収差と反対符号の球面収差を発生して光学的収差を補正する収差補正レンズ群を備えている。そして、この収

差補正レンズ群は、互いに間隔を隔てた正レンズ群と負レンズ群の2群のレンズ群からなっている。これら正、負のレンズ群は、パワーとして正、負であればよく、また、それぞれが1枚のレンズであっても複数枚のレンズからできていてもよい。

この2群のレンズ群からなる収差補正レンズ群は、光源と対物レンズとの間に配置され、レンズ群間隔を光軸方向に動かされることにより、透過する波面に対し、光学系全体で発生する球面収差と逆の極性の球面収差を発生させる。

したがって、この光学ヘッドにおいては、光源より発せられ対物レンズを透過して焦点を結んだときの光束の波面は、球面収差がキャンセルされた状態になっていて、光学系全体として良好に球面収差が補正された系となっている。

例えば、光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差が d_t であるとするとき〔数1〕より、以下の〔数3〕が成り立つ。

$$d_{w_{10}} = (d_t / 8) \times (n^2 - 1) / n^3 \times NA^4 \quad \dots \text{〔数3〕}$$

したがって、光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差が大きければ、プラスの球面収差、薄ければマイナスの球面収差が発生する。この球面収差を打ち消すためには、収差補正レンズ群の各レンズ群間の間隔を調整し、透明基板の厚さが厚ければマイナスの球面収差を、薄ければプラスの球面収差を発生させればよい。

この収差補正レンズ群が光源と対物レンズとの間に置かれたときに、各レンズ群間の間隔の調整により発生する球面収差の極性は、

収差補正レンズ群を置いた場所の光束が光ヘッドの光学系としては、まず使用されない極端な収束系もしくは発散系でない限り、各レンズ群間の間隔を近づけるとマイナス、遠ざけるとプラスの極性となる。

すなわち、各レンズ群間の間隔を近づけると、近づける前に比べて発散光が出射され、光学記録媒体の透明基板が厚い場合に対して収差を小さくする。逆に、各レンズ群間の間隔を遠ざけると、遠ざける前に比べて収束光が出射され、光学記録媒体の透明基板が薄い場合に対して収差を小さくする。このような極性は、収差補正レンズ群において正負のレンズ群の順序を入れ替えても変わらないので、正負のレンズ群の順序はどちらが先でも良い。

実際の光学系では、光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差以外の製造誤差も含まれるので、再生信号のRF振幅などを監視しつつ、最適な条件となるように、収差補正レンズ群の各レンズ群間の間隔を調整する。

このような光学ヘッドにおいては、対物レンズの開口数を大きくするほど、レンズの製造上、あるいは、光学記録媒体の製造上の公差により、発生する球面収差が大きくなるが、本発明によれば、球面収差を補正する収差補正レンズ群用を光源と対物レンズとの間に配置しているので、たとえ製造上の誤差が大きくても、あるいは、環境変化による種々の光学素子の屈折率の変化や、絶対長の変化があっても球面収差を十分に抑えることができる。

なお、収差補正レンズ群の各レンズ群間の間隔を調整する手段としては、いわゆるボイスコイル型アクチュエータや、ピエゾアクチュエータなどを用いることができる。

そして、本発明に係る記録再生装置は、上述のような光学ヘッドを備えて構成され、光学記録媒体に対する情報信号の記録及び再生を行うものである。

なお、本発明に係る光学ヘッドにおいては、特殊な解として、収差補正レンズ群が、球面収差の補正とコリメータレンズとしての役割とを兼ね備える場合があり得る。この場合には、部品点数を削減することができ、光学ヘッドの製造の手間やコストを削減することができる。また、本発明に係る光学ヘッドにおいては、特殊な解として、収差補正レンズ群をコリメータレンズと対物レンズとの間に配置する場合がありうる。この場合には、コリメータレンズからの出射光は平行光束なので、この平行光束中に、収差補正レンズ群とともに、ビームスプリッタ、アナモルフィックプリズムなどを容易に配置できる。

本発明に係る光学ヘッドにおいて収差補正レンズ群とアナモルフィックプリズムとを同時に使用する場合には、収差補正レンズ群は、アナモルフィックプリズムと対物レンズとの間に配置することが望ましい。これは、アナモルフィックプリズムを対物レンズと収差補正レンズ群との間に配置すると、この収差補正レンズ群で発生した球面収差によりアナモルフィックプリズムへの光線の入射角が変わるために非点収差が生じるからである。このような非点収差の発生を防ぐにはアナモルフィックプリズムの後に、収差補正レンズ群を配置することが望ましい。

また、本発明に係る光学ヘッドの光学系は、複数枚のレンズで構成され開口数が0.8以上の高開口数の対物レンズを備えた場合に、このような対物レンズが発生する球面収差を補正することに対して

有効な構成となっている。光学系の球面収差は、開口数が多いほど、また、使用波長が短いほど悪化し、また、複数枚のレンズで構成される高開口数の対物レンズは、製造誤差が大きくなりやすいからである。

さらに、本発明に係る光学ヘッドの光学系の収差補正レンズ群は、特に、光源として発光波長が440nm以下の半導体レーザーを用い、開口数が0.80以上、焦点距離が1.4mm以上、硝材のd線のアッベ数が95.0以下の2群構成の対物レンズを用いる場合においては、アッベ数が55以上の正レンズとアッベ数が35以下の負レンズとからなる2群2枚のレンズ構成とすることが好ましい。

短波長光を用いる場合においては、色収差が問題になるが、上述のアッベ数の硝材により収差補正レンズ群を構成すれば、球面収差と色収差とを同時に補正することが可能になる。短波長の光源を用いた場合に球面収差と色収差との双方を補正する構成については後述する。

ところで、本発明に係る光学ヘッドにおける光学系の収差補正レンズ群は、開口数がかなり小さいので、光軸方向に移動されることにより発生させる球面収差は、おもに3次のものである。一方、対物レンズや透明基板の厚みの製造誤差によって生じる球面収差は、対物レンズの開口数が多いため、高次の収差を含んでいる。したがって、収差補正レンズ群では、対物レンズや透明基板の厚みの製造誤差によって生じる球面収差を完全にキャンセルすることはできない。すなわち、収差補正レンズ群による球面収差の補正効果が対物レンズや透明基板の製造誤差に対して不十分であり残留収差が残る場合には、さらに補正することが必要となる。

また、光学系を異なる波長の光に対して無収差として使用する場合には、波長間のズレについても、収差補正レンズ群による球面収差補正効果で収差をキャンセルすることができる。しかし、波長間のズレについて発生する収差も、高次の収差を含んでいるので、収差補正レンズ群によっては、完全に収差をキャンセルすることはできない。

そこで、2群2枚以上の複数のレンズ群から構成されている対物レンズを使用している場合には、これら各群間の間隔を変えることにより、上述の収差補正レンズ群と同様の原理で球面収差を発生することが可能であるので、収差補正レンズ群における群間の間隔の変動で発生する球面収差と、対物レンズを構成する群間の間隔変動で発生する球面収差とを組み合わせることにより、より高次の球面収差を補正することが可能となる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明に係る光学ヘッドの光学系の構成を示す側面図である。

図2Aは、図1に示した光学系の球面収差を示すグラフである。

図2Bは、図1に示した光学系の非点収差を示すグラフである。

図2Cは、図1に示した光学系の歪曲収差を示すグラフである。

図3Aは、図1に示した光学系の画角 0.5° での横収差を示すグラフである。

図3Bは、図1に示した光学系の軸上での横収差を示すグラフである。

図 4 は、図 1 に示した光学系から収差補正レンズ群を取り除いた状態を示す側面図である。

図 5 は、図 1 に示した光学系における透明基板の厚みの誤差に対する収差補正レンズ群の移動量と波面収差との関係を示すグラフである。

図 6 は、開口数が 0.8 の対物レンズを用いて構成した本発明に係る光学ヘッドの光学系を示す側面図である。

図 7 A は、図 6 に示した光学系の球面収差を示すグラフである。

図 7 B は、図 6 に示した光学系の非点収差を示すグラフである。

図 7 C は、図 6 に示した光学系の歪曲収差を示すグラフである。

図 8 A は、図 6 に示した光学系の画角 0.5° での横収差を示すグラフである。

図 8 B は、図 6 に示した光学系の軸上での横収差を示すグラフである。

図 9 は、図 6 に示した光学系における透明基板の厚みの誤差に対する収差補正レンズ群の移動量と波面収差との関係を示すグラフである。

図 10 は、本発明に係る光学ヘッドの構成を示す側面図である。

図 11 は、本発明に係る記録再生装置の構成を示すブロック図である。

図 12 は、〔実施例 1〕の光学系の構成を示す側面図であり、収差補正レンズ群がエアギャップ 2 群 2 枚のレンズ構成であるものを示す。

図 13 A は、〔実施例 1〕の光学系の球面収差を示すグラフである。

図 1 3 B は、〔実施例 1〕の光学系の非点収差を示すグラフである。

図 1 3 C は、〔実施例 1〕の光学系の歪曲収差を示すグラフである。

図 1 4 A は、〔実施例 1〕の光学系の画角 0.5° での横収差を示すグラフである。

図 1 4 B は、〔実施例 1〕の光学系の軸上での横収差を示すグラフである。

図 1 5 は、〔実施例 1〕の光学系における透明基板の厚みの誤差に対する収差補正レンズ群の移動量と波面収差との関係を示すグラフである。

図 1 6 は、〔実施例 2〕の光学系の構成を示す側面図であり、収差補正レンズ群がエアギャップ 2 群 2 枚のレンズ構成であるものを示す。

図 1 7 A は、〔実施例 2〕の光学系の球面収差を示すグラフである。

図 1 7 B は、〔実施例 2〕の光学系の非点収差を示すグラフである。

図 1 7 C は、〔実施例 2〕の光学系の歪曲収差を示すグラフである。

図 1 8 A は、〔実施例 2〕の光学系の画角 0.5° での横収差を示すグラフである。

図 1 8 B は、〔実施例 2〕の光学系の軸上での横収差を示すグラフである。

図 1 9 は、〔実施例 2〕の光学系における透明基板の厚みの誤差

に対する収差補正レンズ群の移動量と波面収差との関係を示すグラフである。

図 20 は、〔実施例 2〕の光学系における波長変動に対するストレール (Strehl) 値を示すグラフである。

図 21 は、〔実施例 3〕の光学系の構成を示す側面図であり、収差補正レンズ群がエアギャップ 2 群 2 枚のレンズ構成であるものを示す。

図 22 A は、〔実施例 3〕の光学系の球面収差を示すグラフである。

図 22 B は、〔実施例 3〕の光学系の非点収差を示すグラフである。

図 22 C は、〔実施例 3〕の光学系の歪曲収差を示すグラフである。

図 23 A は、〔実施例 3〕の光学系の画角 0.5° での横収差を示すグラフである。

図 23 B は、〔実施例 3〕の光学系の軸上での横収差を示すグラフである。

図 24 は、〔実施例 3〕の光学系における透明基板の厚みの誤差に対する収差補正レンズ群の移動量と波面収差との関係を示すグラフである。

図 25 は、〔実施例 3〕の光学系において使用波長変動に対して収差補正レンズ群及び対物レンズの両方で球面収差を補正したときの波面収差を示すグラフである。

図 26 は、〔実施例 3〕の光学系において使用波長変動に対して収差補正レンズ群及び対物レンズの両方で球面収差を補正したとき

のレンズの間の間隔を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

〔光学系〕

本発明に係る光学ヘッドの光学系には、図 1 に示すように、収差補正レンズ群 1 が設けられている。この光学系の設計値を、以下の〔表 1〕に示す。

(以下、余白)

〔表 1〕

対物レンズNA/焦点距離/入射瞳φ(0.85/2.353mm/4.00mm)			波長λ=635nm	
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈曲率Nd/アッベ数νd	635nmでの 屈曲率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R:-25.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.6	1.620/36.3	1.616405
S2	R:17.055 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.521325		
S3	R:19.00 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	2.0	1.51633/64.1	1.515014
S4	R:-19.00 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E: F:	3.0		
S5	R:2.46917 K:-0.177274 A:-.353215×10 ⁻² B:-.452433×10 ⁻³ C:-.55616×10 ⁻⁵ D:-.991159×10 ⁻⁵ E:-.128023×10 ⁻⁷ F:-.159371×10 ⁻⁶	2.962612	1.4955/81.6	1.494122
S6	R:-12.58525 K:-13.032252 A:0.3707368×10 ⁻² B:0.799138×10 ⁻⁴ C:0.242782×10 ⁻³ D:-.981829×10 ⁻⁴ E:-.324027×10 ⁻⁴ F:0.162258×10 ⁻⁴	0.505533		
S7	R:1.25 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E: F:	1.495535	1.51633/64.1	1.515014
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.098295		
S10	∞	0.1		1.5295
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		

また、非球面形状については、以下の〔数４〕に示すとおりであり、これは、後掲する〔表２〕乃至〔表５〕についても同様である。

非球面式

$$X = \frac{Y^2 / R}{1 + \{1 - (1 + K) (Y / R)^2\}^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14}$$

X ; 面頂点からの深さ

Y ; 光軸からの高さ

R ; 近軸 R

K ; 円錐定数

A ; Y⁴項の非球面係数

B ; Y⁶項の非球面係数

C ; Y⁸項の非球面係数

D ; Y¹⁰項の非球面係数

E ; Y¹²項の非球面係数

F ; Y¹⁴項の非球面係数

・・・〔数４〕

この光学系は、再生専用の光ディスク、相変化型光ディスク、または、光カードなどの如き光学記録媒体に対して、情報信号の記録及び再生を行う際に使用される。これら光学記録媒体は、透明基板 101 を有し、光学ヘッドの光学系側からみてこの透明基板 101 の裏面側が信号記録面となっている。収差補正レンズ群 1 は、第 1

のレンズ 2 と第 2 のレンズ 3 とからなり、光学系において発生する球面収差を補正する。対物レンズ 2 0 は、2 枚のレンズ 2 0 a , 2 0 b から構成されている。

なお、〔表 1〕及び後掲する〔表 2〕乃至〔表 5〕では、物点を O B J とし、開口絞りを S T O とし、レンズの面順に S 1、S 2、S 3・・・とし、光学記録媒体の記録面、すなわち、結像面を I M G として示している。

この光学系の球面収差を図 2 A に、非点収差を図 2 B に、歪局収差を図 2 C に、角画 0. 5 °C での横収差を図 3 A に、軸上での横収差を図 3 B に示す。

図 1 に示す光学系は、物点が無限遠方に位置することとなるいわゆる無限系の光学系である。収差補正レンズ群 1 は、図示しない光源と対物レンズ 2 0 との間に配置され、光源側の両凹の第 1 のレンズ 2 と対物レンズ 2 0 側の両凸の第 2 のレンズ 3 からなる。第 1 のレンズ 2 と第 2 のレンズ 3 との間は空気である。

そして、この光学系には、収差補正レンズ群 1 の第 1 のレンズ 2 と第 2 のレンズ 3 との間隔を調整する手段、例えば、一軸電磁アクチュエータなどが、どちらかのレンズに対して設けられている。収差補正レンズ群 1 は、各レンズ 2、3 間の間隔を調整されることにより、球面収差を発生する。この球面収差は、他の光学面で生じる球面収差に対して逆の極性となされて発生されるので、焦点を結んだときに、他の光学面で生じる球面収差をキャンセルし、光学系全体としての球面収差を良好に補正できる。

ただし、この収差補正レンズ群 1 の開口数はかなり小さいので、各レンズ 2、3 の光軸方向の移動により発生する球面収差は、おも

に3次のものである。一方、対物レンズ20や透明基板101の厚みの製造誤差によって生じる球面収差は、対物レンズ20の開口数が高いため、高次の収差を含んでいる。したがって、収差補正レンズ群1のみでは、球面収差を完全にキャンセルすることはできない。そこで、球面収差の2乗平均値が最小になるように、収差補正レンズ群1の移動を決定しなければならない。実際には、光線追跡法により、主光線と周辺光線のOPDを計算し、そのズレ、すなわち、波面収差の2乗平均が最小になるように、各レンズ2, 3の位置を決める。

ここで、図4に示すように、図1に示した光学系から収差補正レンズ群を除いた場合における球面収差を考える。対物レンズ20の厚みの誤差は、レンズ一枚につき10 μ m程度見込まれる。また、この対物レンズ20における各レンズ20a, 20b間の間隔の調整誤差も、最大で10 μ m程度見込まれる。さらに、透明基板101の厚みの誤差も、10 μ m程度見込まれる。これらにより、特に対物レンズ20の開口数が大きい場合には、球面収差を補正しなければ、許容できない球面収差が発生する。

図4に示す光学系の波面収差は、0.002 rms λ である。一方、透明基板101の厚みが $\pm 20 \mu$ m変化したときに、この変化により発生する球面収差は、図1の光学系の収差補正レンズ群1の第1のレンズを移動させることにより、図5中の破線で示すように、良好に補正することができる。図5では、収差補正レンズ群の移動は、この収差補正レンズ群を構成する各レンズの間の間隔で示している。

この光学系においては、透明基板の厚みの誤差が $\pm 10 \mu$ m程度

である場合に、収差補正レンズ群の2枚のレンズのうち対物レンズから遠い方のレンズを以下の Δd だけ移動させれば、波面収差を十分に抑えることができる。

$$\Delta d = -34.458 \Delta t$$

($\because \Delta d$: 収差補正レンズ群のレンズの移動量、 Δt : 透明基板の厚みの誤差)

一般に、光学的に回折限界に到達した良好な像の下限とされるマレシャルのクライテリオンは、波面収差 $0.07 \text{ rms } \lambda$ である。したがって、この場合には、透明基板の厚みの誤差による像の劣化は、ほとんど無視できるようになる。対物レンズにおいてレンズの厚みの誤差やレンズ間の間隔の組立誤差があるときも、同様に、収差補正レンズ群における各レンズ間の間隔を動かして球面収差を補正する。逆に、球面収差の補正をしないと、図5中の実線で示すように、無視できない収差が残ることとなる。

なお、図1に示した例では、収差補正レンズ群1を、負の第1のレンズ2と正の第2のレンズ3との2群2枚のレンズで構成している。しかし、この収差補正レンズ群は、負のパワーを持つレンズ群と正のパワーを持つレンズ群を備えていればよく、これらのレンズ群をそれぞれ複数枚のレンズから構成しても良い。また、負レンズ群と正レンズ群の順序は逆であっても良い。その場合、これら各レンズ群の間隔調整により発生する球面収差の極性は、負レンズ群と正レンズ群の順序に依らず、間隔によって決まる。

また、上述の収差補正レンズ群は、特殊解として、コリメータの機能を兼ね備えていることとしても良い。この場合には、光学ヘッドの構成部品の点数を減らすことができ、製造の容易化及び製造コ

ストの削減を図ることができる。

さらに、上述の実施の形態では、収差補正レンズ群の特殊解として、光源より発せられた出射光が図示しないコリメータレンズによりコリメートされてから入射される無限系の光学系として構成している。このような無限系の光学系においては、コリメータレンズと収差補正レンズ群との間に、ビームスプリッタやアナモルフィックプリズムなどを容易に配置することができる。しかし、本発明に係る光学ヘッドの光学系は、有限系の光学系としても構成することができる。

また、上述の実施の形態では、対物レンズとして、2群の2枚構成のレンズを使用しているが、3枚以上のレンズから構成されたものを使用することもできる。

本発明に係る光学ヘッドの光学系は、特に、複数枚のレンズで構成され開口数が0.8以上の対物レンズを使用した場合の球面収差の補正について適用することが有効である。開口数が0.8の対物レンズを用いて本発明に係る光学ヘッドの光学系を構成したものを図6に示すとともに、この光学系の設計値を以下の〔表2〕に示す。

(以下、余白)

〔表 2〕

対物レンズNA/焦点距離/入射径φ(0.80/2.648mm/4.237mm)			波長λ=660nm	
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈曲率Nd/アッペ数Nd	660nmでの 屈曲率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R:19.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	2.0	1.51633/64.1	1.514207
S2	R:-19.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.523091		
S3	R:-17.055 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.6	1.620/36.3	1.614805
S4	R:25.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E: F:	3.0		
S5	R:2.43644 K:-0.530603 A:0.462792×10 ⁻³ B:-.131930×10 ⁻³ C:-.216921×10 ⁻⁴ D:-.526207×10 ⁻⁶ E:0.0 F:0.0	2.306044	1.4955/81.6	1.493482
S6	R:19.29810 K:-26.403411 A:-.838023×10 ⁻³ B:0.455037×10 ⁻⁴ C:0.502887×10 ⁻⁴ D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.039076		
S7	R:1.50881 K:-0.198463 A:-.999579×10 ⁻² B:-.127468×10 ⁻² C:0.579591×10 ⁻² D:-.317005×10 ⁻² E:0.0 F:0.0	1.498834	1.58913/61.3	1.586056
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.300751		
S10	∞	0.1		1.527000
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		

この光学系の球面収差を図 7 A に、非点収差を図 7 B に、歪曲収差を図 7 C に、画角 0.5° での横収差を図 8 A に、軸上での横収差を図 8 B にそれぞれ示す。

図 6 に示した光学系の波面収差は、 $0.001 \text{ rms } \lambda$ である。一方、透明基板の厚みの誤差が $\pm 20 \mu\text{m}$ であるとする、この誤差により生ずる球面収差を補正するには、図 9 に示すように、収差補正レンズ群を所定の量だけ移動させればよい。透明基板の厚みの誤差が $\pm 10 \mu\text{m}$ 程度である場合には、この誤差により生ずる波面収差は、収差補正レンズ群のレンズを以下の Δd だけ動かせば、十分に抑えることができる。

$$\Delta d = -19.685 \Delta t$$

($\because \Delta d$: 補正レンズ移動量、 Δt : 透明基板の厚みの誤差)

逆に、球面収差の補正をしない場合には、図 9 中の実線で示すように、無視できない収差が残存することになる。球面収差は、上記〔数 1〕で示したように、開口数が大きいほど悪化する。したがって、対物レンズの開口数が 0.80 以上である場合には、球面収差の補正をしないと、許容できない程度の球面収差が発生することになる。

以上のような光学素子を用いることにより球面収差を抑えられるので、高 NA レンズの使用が容易となり光学記録媒体の好記録密度化及び大容量化を図る事ができる。

上述のように、本発明に係る光学ヘッドの光学系においては、球面収差を十分に抑えることができるので、高開口数の対物レンズの使用が容易となり、光学記録媒体の高記録密度化及び大容量化を実現することができる。

〔光学ヘッド〕

本発明に係る光学ヘッドは、上述のような光学系を備えて、図 10 に示すように、相変化型光ディスク 11 などの光学記録媒体に対して情報信号の記録及び再生を行えるように構成される。

この光学ヘッド 10 によって記録再生がなされる相変化型光ディスク 11 は、厚さ t_2 が、例えば 1.2 mm、または、0.6 mm の透明基板 12 上に、相変化によって情報信号が記録される信号記録層が形成されるとともに、この信号記録層上に、厚さ t_3 が例えば 0.1 mm の保護層 13 が形成されて構成されている。そして、この相変化型光ディスク 11 は、透明基板 12 の側からではなく、この透明基板 12 よりも遥かに膜厚が薄い保護層 13 の側から光を入射させて、信号記録層に対する記録及び再生を行うようになっている。ただし、本発明に係る光学ヘッド 10 は、透明基板 12 側から光を入射させて記録及び再生を行うような光学記録媒体に対しても適用可能である。

相変化型光ディスク 11 に対して情報信号の記録及び再生を行うように構成された本発明に係る光学ヘッド 10 は、図示しない光源、回折格子及びコリメータレンズを備えている。光源としては、例えば、発光波長 λ が 635 nm の直線偏光レーザ光を出射する半導体レーザを使用することができる。この光源は、相変化型光ディスク 11 から情報信号を再生するときには、一定の出力のレーザ光を出射し、また、該相変化型光ディスク 11 に情報信号を記録するときには、記録する情報信号に応じて、出射するレーザ光の強度を変調させる。

なお、本発明に係る光ヘッドにおいては、光源から出射されるレ

ーザ光の波長は、特に限定されるものではない。例えば、635 nmよりも短波長のレーザ光を出射する半導体レーザを使用できる場合には、より短波長のレーザ光を用いた方が、光学記録媒体のさらなる高記録密度化及び大容量化を図る上で好適である。そして、その場合には、球面収差の補正はさらに有効なものとなる。また、635 nm以上の長波長光に関しても、球面収差が問題となるような高開口数レンズを用いた場合において、本発明は有用である。

光源から出射されたレーザ光は、回折格子によって回折されて、0次光および±1次光に分割される。これらの0次元光と±1次光とは、図示しないコリメータレンズによってそれぞれ平行光束となされる。

コリメータレンズによって平行光束となされたレーザ光は、偏光ビームスプリッタ14、1/4波長板15、収差補正レンズ群1及び対物レンズ20を介して、相変化型光ディスク11の信号記録面11aに入射される。このとき、相変化型光ディスク11に入射するレーザ光は、1/4波長板15を透過するときに円偏光状態となされた後、対物レンズ20によって、信号記録面11a上に集光される。

収差補正レンズ群1を構成する各レンズ群間の間隔は、一軸アクチュエータ21によって、可変調節が可能となっている。

また、この光学ヘッド10においては、信号記録層により反射された光束を、対物レンズ20と、収差補正レンズ群1と、偏光ビームスプリッタ14と、フォーカシングレンズ17及びマルチレンズ18とを介して受光する光検出器19が設けられている。

すなわち、相変化型光ディスク11の信号記録面11aに入射し

た入射光は、この信号記録面 11a で反射されて戻り光となる。この戻り光は、元の光路を逆に辿って対物レンズ 20、収差補正レンズ群 1 を透過した後、1/4 波長板 15 に入射する。そして、この戻り光は、1/4 波長板 15 を透過することにより、往きの偏光方向に対して 90 度回転された状態の直線偏光となり、その後、偏光ビームスプリッタ 14 の反射面によって反射される。

偏光ビームスプリッタ 14 の反射面によって反射された戻り光は、フォーカシングレンズ 17 及びマルチレンズ 18 を経て、光検出器 19 によって検出される。ここで、マルチレンズ 18 は、入射面が円筒面となされ、出射面が凹面となされたレンズである。このマルチレンズ 18 は、入射光束に対して、いわゆる非点収差法によるフォーカスサーボ信号の検出を可能とするための非点収差を与えるものである。

また、光検出器 19 は、6 つのフォトダイオードを備えて構成されており、各フォトダイオードに入射した戻り光の光強度に応じた電気信号をそれぞれ出力する。これら電気信号に対して所定の演算処理を施すことにより、フォーカスサーボ信号及びトラッキングサーボ信号を生成することができる。

すなわち、光検出器 19 は、マルチレンズ 18 によって非点収差が与えられた戻り光を検出して、いわゆる非点収差法によりフォーカスサーボ信号を生成することができる電気信号を出力する。そして、この光学ヘッド 10 においては、フォーカスサーボ信号に基づいて 2 軸アクチュエータ 16 を駆動することで、フォーカスサーボを行うことができる。

また、光検出器 19 は、回折格子によって回折されて分割された

±1次元光について、それらの戻り光をそれぞれ検出して、いわゆる3ビーム法によってトラッキングサーボ信号を生成することができる電気信号を出力する。そして、この光学ヘッド10においては、このトラッキングサーボ信号に基づいて2軸アクチュエータ16を駆動することで、トラッキングサーボを行うことができる。

さらに、光検出器19は、各フォトダイオードに入射した戻り光の光強度に応じた電気信号を出力する。この電気信号は、相変化型光ディスク11から情報信号を再生するときには、所定の演算処理を施され、該相変化型光ディスク11からの再生信号となる。

以上のように、本発明に係る光学ヘッド10の光学系では、球面収差補正用の収差補正レンズ群が設けられており、光学系の製造誤差により生ずる球面収差をキャンセルすることができるので、高開口数の対物レンズの使用が容易となり、光学記録媒体の高記録密度化及び大容量化を図る事ができる。

なお、上述の実施の形態では、本発明に係る光学ヘッドを、相変化型光ディスク11に対して情報信号の記録及び再生を行うものとして構成しているが、この光学ヘッドは、種々の光学記録媒体、例えば、再生専用光ディスク、光磁気ディスク、または、光カードなどに対して情報信号の記録及び再生を行うものとして構成することができる。

〔記録再生装置〕

次に、本発明に係る記録再生装置は、図11に示すように、上述した相変化型光ディスク11などの光学記録媒体に対して、情報信号の記録及び再生を行う装置であり、上述した光学ヘッド10を備えて構成されている。

なお、ここでは、相変化型光ディスク 11 に対して記録及び再生を行う装置として構成しているが、本発明に係る記録再生装置は、対物レンズを備えた光学ヘッドを搭載した記録再生装置として種々の態様で構成することが可能であり、すなわち、記録及び再生の対象となる光学記録媒体は、再生専用光ディスク、光磁気ディスク、または、光カードなどであってもよい。

この記録再生装置 30 は、相変化型光ディスク 11 を回転操作するスピンドルモータ 31 と、情報信号の記録再生を行うにあたって使用される光学ヘッド 10 と、光学ヘッド 10 を相変化型光ディスク 11 の内外周に移動操作するための送りモータ 32 と、所定の変調及び復調処理を行う変復調回路 33 と、光学ヘッド 10 のサーボ制御などを行うサーボ制御回路 34 と、記録再生装置 30 の全体の制御を行うシステムコントローラ 35 とを備えている。

スピンドルモータ 31 は、サーボ制御回路 34 により駆動制御され、所定の回転数で回転駆動される。すなわち、記録再生の対象となる相変化型光ディスク 11 は、スピンドルモータ 31 の駆動軸上にチャッキングされ、サーボ制御回路 34 により駆動制御される該スピンドルモータ 31 によって、所定の回転数で回転操作される。

光学ヘッド 10 は、相変化型光ディスクに対する情報信号の記録及び再生を行うとき、上述したように、回転駆動される相変化型光ディスク 11 に対してレーザ光を照射し、その戻り光を検出する。この光学ヘッド 10 は、変復調回路 33 に接続されている。そして、情報信号の記録を行う際には、外部回路 36 から入力され変復調回路 33 によって所定の変調処理が施された信号が光学ヘッド 10 に供給される。光学ヘッド 10 は、変復調回路 33 から供給される信

号に基づいて、相変化型光ディスク 11 に対して、光強度変調が施されたレーザ光を照射する。また、情報信号の再生を行う際には、光学ヘッド 10 は、回転駆動される相変化型光ディスク 11 に対して、一定の出力のレーザ光を照射し、その戻り光から再生信号が生成され、当該再生信号が変復調回路 33 に供給される。

また、この光学ヘッド 10 は、サーボ制御回路 34 にも接続されている。そして、情報信号の記録再生時に、回転駆動される相変化型光ディスク 11 によって反射されて戻ってきた戻り光から、上述したように、フォーカスサーボ信号及びトラッキングサーボ信号が生成され、それらのサーボ信号がサーボ制御回路 34 に供給される。

変復調回路 33 は、システムコントローラ 35 及び外部回路 36 に接続されている。この変復調回路 33 は、情報信号を相変化型光ディスク 11 に記録するときには、システムコントローラ 35 による制御のもとで、相変化型光ディスク 11 に記録する信号を外部回路 36 から受け取り、当該信号に対して所定の変調処理を施す。変復調回路 33 によって変調された信号は、光学ヘッド 10 に供給される。また、この変復調回路 33 は、情報信号を相変化型光ディスク 11 から再生するときには、システムコントローラ 35 による制御のもとで、相変化型光ディスク 11 から再生された再生信号を光学ヘッド 10 から受け取り、当該再生信号に対して所定の復調処理を施す。そして、変復調回路 33 によって復調された信号は、変復調回路 33 から外部回路 36 へ出力される。

送りモータ 32 は、情報信号の記録及び再生を行うとき、光学ヘッド 10 を相変化型光ディスク 11 の径方向の所定の位置に移動させるためのものであり、サーボ制御回路 34 からの制御信号に基づ

いて駆動される。すなわち、この送りモータ 32 は、サーボ制御回路 34 に接続されており、サーボ制御回路 34 により制御される。

サーボ制御回路 34 は、システムコントローラ 35 による制御のもとで、光学ヘッド 10 が相変化型光ディスク 11 に対向する所定の位置に移動されるように、送りモータ 32 を制御する。また、サーボ制御回路 34 は、スピンドルモータ 31 にも接続されており、システムコントローラ 35 による制御のもとで、スピンドルモータ 31 の動作を制御する。すなわち、サーボ制御回路 34 は、相変化型光ディスク 11 に対する情報信号の記録及び再生時に、該相変化型光ディスク 11 が所定の回転数で回転駆動されるように、スピンドルモータ 31 を制御する。

また、サーボ制御回路 34 は、光学ヘッド 10 にも接続されており、情報信号の記録及び再生時には、光学ヘッド 10 から再生信号及びサーボ信号を受け取り、当該サーボ信号に基づいて、光学ヘッド 10 に搭載された 2 軸アクチュエータ 16 によるフォーカスサーボ及びトラッキングサーボの制御を行い、さらに、一軸アクチュエータを制御して、収差補正レンズ群における各レンズ群間の間隔を調整して収差の補正を行う。

以上のような記録再生装置では、光学ヘッド 10 に搭載されている収差補正レンズ群が、光学系の製造誤差で発生する球面収差をキャンセルするので、複数枚のレンズで構成される高開口数の対物レンズの使用が容易となり、光学記録媒体の高記録密度化及び大容量化を図ることが可能となる。

実施例

以下、本発明に係る光学ヘッドの光学系の具体的な実施例をあげ

る。

〔実施例 1〕

本実施例の光学系の構成を図 1 2 に示すとともに、この光学系の設定値を以下の〔表 3〕に示す。

〔表 3〕

対物レンズNA/焦点距離/入射瞳φ(0.85/1.765mm/3.00mm)			波長λ=635nm	
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d 線における 屈曲率Nd/アッペ数νd	635nmでの 屈曲率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R:19.0 C:0.0 K:0.0 D:0.0 A:0.0 E:0.0 B:0.0 F:0.0	2.0	1.51633/64.1	1.15014
S2	R:-19.0 C:0.0 K:0.0 D:0.0 A:0.0 E:0.0 B:0.0 F:0.0	1.523091		
S3	R:-17.055 C:0.0 K:0.0 D:0.0 A:0.0 E:0.0 B:0.0 F:0.0	1.6	1.620/36.3	1.616405
S4	R:25.0 C:0.0 K:0.0 D:0.0 A:0.0 E: B:0.0 F:	3.0		
S5	R:1.62730 C:-0.749875×10 ⁻⁴ K:-0.505660 D:-.204775×10 ⁻³ A:-.207368×10 ⁻² E:0.0 B:-.999092×10 ⁻³ F:0.0	1.639793	1.4955/81.6	1.494122
S6	R:89.45684 C:-.332978×10 ⁻² K:0.0 D:0.921202×10 ⁻³ A:-.291281×10 ⁻² E:0.0 B:0.459860×10 ⁻² F:0.0	0.252358		
S7	R:1.30215 C:0.206089×10 ⁻³ K:-0.503781 D:0.0 A:0.193338×10 ⁻¹ E:0.0 B:0.120697×10 ⁻¹ F:0.0	1.314052	1.58913/61.3	1.587011
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.149962		
S10	∞	0.1		1.529500
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		

この光学系における球面収差を図 1 3 A に、非点収差を図 1 3 B に、歪曲収差を図 1 3 C に、画角 0. 5° での横収差を図 1 4 A に、軸上での横収差を図 1 4 B にそれぞれ示す。

この光学系の波面収差は、0. 002 rms λ である。一方、同じ系で光学記録媒体の透明基板の厚みの誤差が $\pm 20 \mu\text{m}$ である場合に、この誤差により生ずる球面収差を補正するには、図 1 5 に示すように、収差補正レンズ群の各レンズ群を所定の距離だけ移動操作すればよい。この光学系の場合、透明基板の厚みの誤差が $\pm 10 \mu\text{m}$ 程度である場合には、収差補正レンズ群のレンズを以下の Δd だけ移動させれば、図 1 5 中の破線で示すように、波面収差を十分に抑えることができる。

$$\Delta d = -41.438 \Delta t$$

($\because \Delta d$: 補正レンズ移動量、 Δt : 透明基板の厚みの誤差)

この場合、透明基板の厚みの誤差による波面収差はほとんど無視できるようになる。一方、この光学系の収差補正レンズ群を取り除いた系に同様の誤差が生じたとすると、図 1 5 中の実線で示すように、無視できない収差が残り、情報信号を良好に記録及び再生できないこととなる。

[実施例 2]

本実施例の光学系の構成を図 1 6 に示すとともに、この光学系の設定値を以下の [表 4] に示す。

(以下、余白)

〔表 4〕

対物レンズNA/焦点距離/入射瞳φ(0.85/1.765mm/3.00mm)			波長λ=410nm	
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈曲率Nd/アッペ数νd	410nmでの 屈曲率N
OBJ	∞	∞		
STO	∞	0.0		
S1	R:7.16382 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.25	1.51633/64.1	1.529569
S2	R:-9.94781 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	0.5		
S3	R:-9.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.0	1.75520/27.5	1.803040
S4	R:15.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E: F:	3.0		
S5	R:1.6273 K:-0.50566 A:-.207368×10 ⁻² B:-.999092×10 ⁻³ C:-0.749875×10 ⁻⁴ D:-.204775×10 ⁻³ E:0.0 F:0.0	1.570619	1.4955/81.6	1.504869
S6	R:89.45684 K:0.0 A:-.291281×10 ⁻² B:0.459860×10 ⁻² C:-.332978×10 ⁻² D:0.921202×10 ⁻³ E:0.0 F:0.0	0.350169		
S7	R:1.30215 K:-0.503781 A:0.193338×10 ⁻¹ B:0.120697×10 ⁻¹ C:0.206089×10 ⁻³ D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.278541	1.58913/61.3	1.604471
S8	R:∞ K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	0.0		
S9	∞	0.134864		
S10	∞	0.1	1.51633/64.1	1.529569
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		

この光学系の球面収差を図 17 A に、非点収差を図 17 B に、歪曲収差を図 17 C に、画角 0.5° の横収差を図 18 A に、軸上での横収差を図 18 B にそれぞれ示す。

この光学系の波面収差は、0.003 rms λ である。一方、同じ系で透明基板の厚みの誤差が $\pm 20 \mu\text{m}$ である場合に、この誤差により生ずる球面収差を補正するには、図 19 に示すように、収差補正レンズ群の各レンズ群を所定の距離だけ移動操作すればよい。

この光学系の場合、透明基板の厚みの誤差が $\pm 10 \mu\text{m}$ 程度である場合には、収差補正レンズ群のレンズを以下の Δd だけ移動させれば、波面収差を十分に抑えることができる。

$$\Delta d = -10.003 \Delta t$$

($\because \Delta d$: 補正レンズ移動量、 Δt : 透明基板の厚みの誤差)

この場合、透明基板の厚みの誤差による像の劣化はほとんど無視できるようになる。一方、この光学系の収差補正レンズ群を取り除いた系に同様の誤差が生じたとすると、図 19 中の実線で示すように、無視できない収差が残り、情報信号を良好に記録及び再生できないこととなる。

また、この実施例では、光源の使用波長が 400 nm となっており、色収差が問題となる。収差補正レンズ群がある場合と無い場合の波長変動に対するストレール (Strehl) 値を図 20 に示す。収差補正レンズ群がある場合は、 $\pm 5 \text{ nm}$ の波長変動に対してストレール (Strehl) 値が 0.8 以上あり、良好であることがわかる。しかし、収差補正レンズ群が無い場合には、ストレール (Strehl) 値は 0.8 より小さく、色収差の影響が大きくでており、記録及び再生に悪影響がある。

すなわち、収差補正レンズ群は、アッベ数が 5.5 以上の正レンズとアッベ数が 3.5 以下の負レンズの 2 群 2 枚のレンズ構成を用いているので、他の光学面で生じる色収差をも補正することができるので、色収差補正素子としての役割も兼ねている。

〔実施例 3〕

本実施例の光学系の構成を図 2.1 に示すとともに、この光学系の設計値を以下の〔表 5〕に示す。

(以下、余白)

〔表 5〕

対物レンズNA/焦点距離/入射径φ (0.85/1.765mm/3.00mm)			波長λ=635nm	
面	曲率半径 [mm]	軸上間隔 [mm]	d線における 屈曲率Nd/アッペ数νd	635nmでの 屈曲率N
OBJ	∞	∞		
ST0	∞	0.0		
S1	R:-25.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.6	1.620/36.3	1.616405
S2	R:17.055 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.523914		
S3	R:19.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E:0.0 F:0.0	2.0		
S4	R:-19.0 K:0.0 A:0.0 B:0.0 C:0.0 D:0.0 E: F:	3.0		
S5	R:1.62730 K:-0.505660 A:-.207368×10 ⁻² B:-.999092×10 ⁻³ C:-0.749875×10 ⁻¹ D:-.204775×10 ⁻³ E:0.0 F:0.0	1.641523	1.4955/81.6	1.494122
S6	R:89.45684 K:0.0 A:-.291281×10 ⁻² B:0.459860×10 ⁻² C:-.332978×10 ⁻² D:0.921202×10 ⁻³ E:0.0 F:0.0	0.249421		
S7	R:1.30215 K:-0.503781 A:0.193338×10 ⁻¹ B:0.120697×10 ⁻¹ C:0.206089×10 ⁻³ D:0.0 E:0.0 F:0.0	1.314798	1.58913/61.3	1.587011
S8	∞	0.0		
S9	∞	0.149333		
S10	∞	0.1	1.51633/64.1	1.515014
S11	∞	0.0		
IMG	∞	0.0		

この光学系の球面収差を図 2 2 A に、非点収差を図 2 2 B に、歪曲収差を図 2 2 C に、画角 0.5° での横収差を図 2 3 A に、軸上での横収差を図 2 3 B に示す。

この光学系の波面収差は $0.002 \text{ rms } \lambda$ である。一方、同じ系で、使用波長が 700 nm から 400 nm まで変化したときには、この誤差により生ずる波面収差を補正するには、図 2 4 に示すように、収差補正レンズ群の各レンズ群を所定の距離だけ移動操作すればよい。

使用波長の変動による波面収差は、図 2 4 に示すように、収差補正レンズ群がないときに比べてかなり改善されるが、短波長側では補正不十分である。そこで、補正の不足分を、2 群構成の対物レンズにおける各群間の間隔調整と、収差補正レンズ群における各群間の間隔調整の両方を用いて、高精度に補正した場合の波面収差を図 2 5 に示す。たとえ 400 nm まで波長が変化しても、十分に収差が抑えられていることがわかる。

このときの、収差補正レンズ群における各群間の間隔と対物レンズにおける各群間の間隔の変化を図 2 6 に示す。対物レンズにおける各群間の間隔の調整と収差補正レンズ群における各群間の間隔調整は、同時にアクチュエータなどで補正することは、極めて構造を複雑となるので、図 2 6 に示した収差の変化に基づき、使用波長に対してあらかじめ対物レンズにおける各群間の間隔調整を済ませ、この後の残留収差を、収差補正レンズ群における各群間の間隔調整で補正することが望ましい。

また、本実施例のような 2 群構成の対物レンズにおける各群間の間隔調整と、収差補正レンズ群における各群間の間隔調整との両方

により行う高精度な収差補正は、使用波長の変化のみならず、レンズなどの製造誤差が収差補正レンズ群では補正しきれない程度に大きい場合についても、有効に適用できる。

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、高開口数の対物レンズを含む光学系を有する光学ヘッドにおいて、製造誤差などで球面収差が生じた場合でも、あるいは短波長の光源を用いることにより色収差が生じた場合でも、収差補正レンズ群を有することにより、十分に収差を補正することができる。そして、本発明は、このような光学ヘッドを用いた記録再生装置を提供することができる。

すなわち、本発明は、光学記録媒体の更なる高記録密度化及び大容量化を図ることを可能とするものである。

請 求 の 範 囲

1. 光源と、

2枚以上のレンズで構成される開口数0.80以上の対物レンズと、

上記光源と対物レンズとの間に配置され、正レンズ群と負レンズ群との2群で構成された収差補正レンズ群と

を備え、

上記収差補正レンズ群は、この収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔が光軸方向に可変されることにより、光学系の各光学面で生ずる球面収差を補正する

ことを特徴とする光学ヘッド。

2. 収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔を光軸方向に可変調整するアクチュエータを備えた

ことを特徴とする請求の範囲第1項記載の光学ヘッド。

3. 対物レンズは、2群2枚以上のレンズで構成されている

ことを特徴とする請求の範囲第1項記載の光学ヘッド。

4. 収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔を光軸方向に可変調整するアクチュエータを備えた

ことを特徴とする請求の範囲第3項記載の光学ヘッド。

5. 光源は、発光波長が440nm以下の半導体レーザーであり、

対物レンズは、d線のアッベ数が9.5.0以下の硝材からなり、焦点距離が1.4mm以上であって、

収差補正レンズ群は、アッベ数が55以上の正レンズとアッベ数

が 3.5 以下の負レンズとからなる

ことを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の光学ヘッド。

6. 収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔を光軸方向に可変調整するアクチュエータを備えた

ことを特徴とする請求の範囲第 5 項記載の光学ヘッド。

7. 対物レンズを構成する各レンズ群間の間隔が光軸方向に可変されることにより、収差補正レンズ群と共働して、光学系の各光学面で生ずる球面収差を補正する

ことを特徴とする請求の範囲第 5 項記載の光学ヘッド。

8. 収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔及び対物レンズを構成する各レンズ群間の間隔を光軸方向に可変調整するアクチュエータを備えた

ことを特徴とする請求の範囲第 7 項記載の光学ヘッド。

9. 光源と、

2 枚以上のレンズで構成される開口数 0.80 以上の対物レンズと、

上記光源と対物レンズとの間に配置され、正レンズ群と負レンズ群との 2 群で構成された収差補正レンズ群と、

上記収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔を光軸方向に可変調整するアクチュエータと、

上記光源より発し、上記対物レンズにより光学記録媒体上に集光された光束の該光学記録媒体による反射光束を検出する光検出器とを備え、

上記収差補正レンズ群は、この収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔が光軸方向に可変されることにより、

光学系の各光学面で生ずる球面収差を補正する

ことを特徴とする記録再生装置。

10. 対物レンズは、2群2枚以上のレンズで構成されている

ことを特徴とする請求の範囲第9項記載の記録再生装置。

11. 光源は、発光波長が440nm以下の半導体レーザーであり、

対物レンズは、d線のアッペ数が95.0以下の硝材からなり、
焦点距離が1.4mm以上であって、

収差補正レンズ群は、アッペ数が55以上の正レンズとアッペ数が35以下の負レンズとからなる

ことを特徴とする請求の範囲第9項記載の記録再生装置。

12. 対物レンズを構成する各レンズ群間の間隔が光軸方向に可変されることにより、収差補正レンズ群と共働して、光学系の各光学面で生ずる球面収差を補正し、

アクチュエータは、上記収差補正レンズ群を構成する正レンズ群と負レンズ群との間隔のみならず、上記対物レンズを構成する各レンズ群間の間隔を光軸方向に可変調整する

ことを特徴とする請求の範囲第11項記載の記録再生装置。

1/21

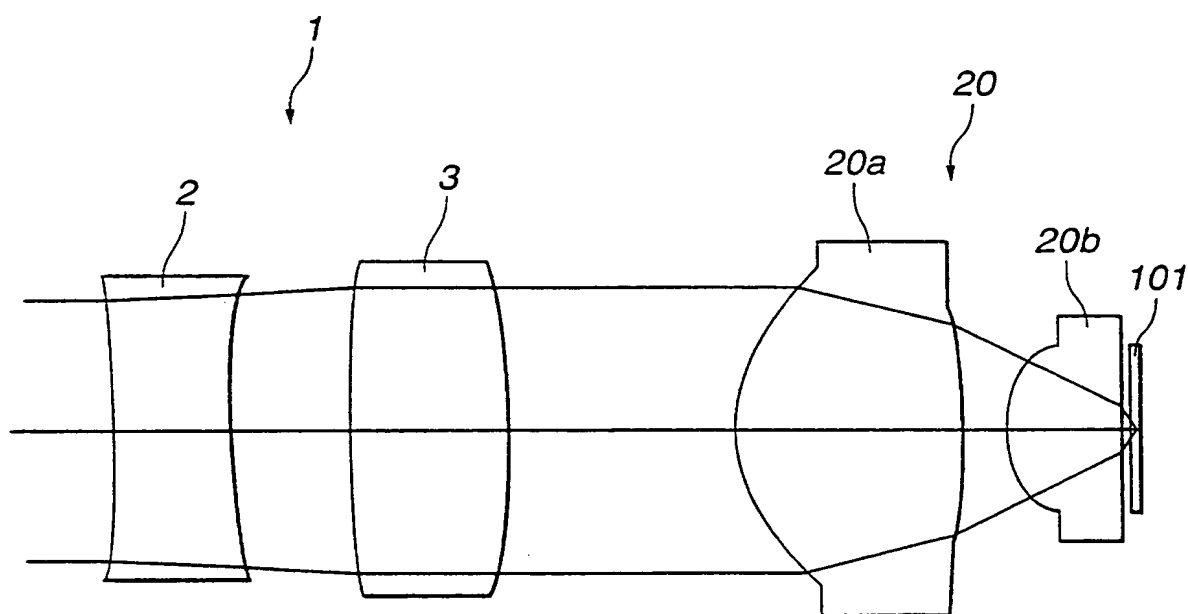


FIG.1

2/21

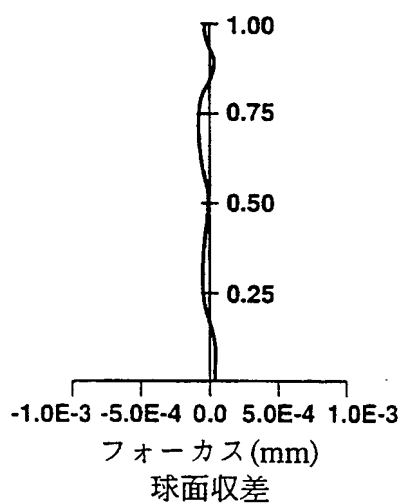


FIG. 2A

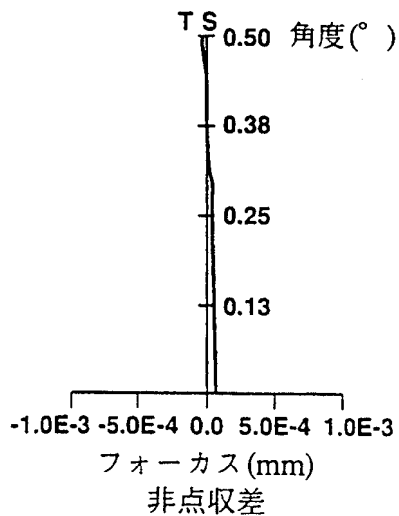


FIG. 2B

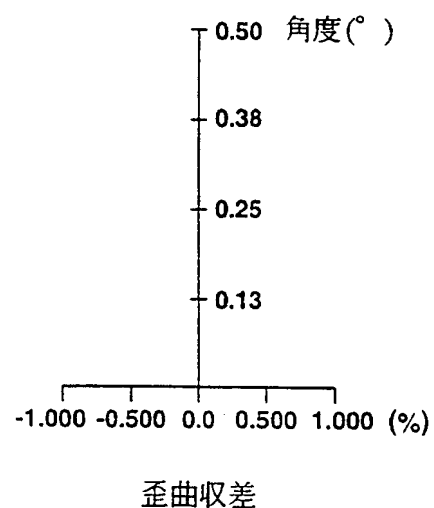


FIG. 2C

FIG. 3A

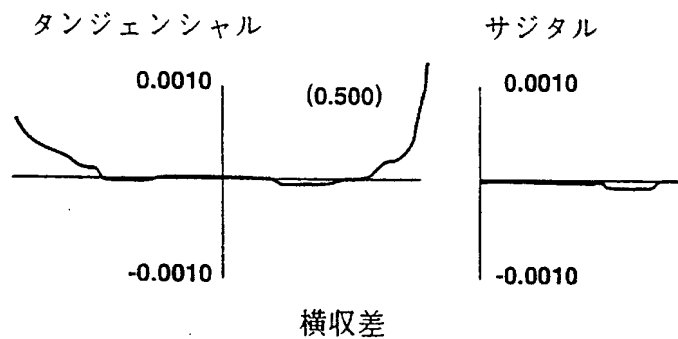
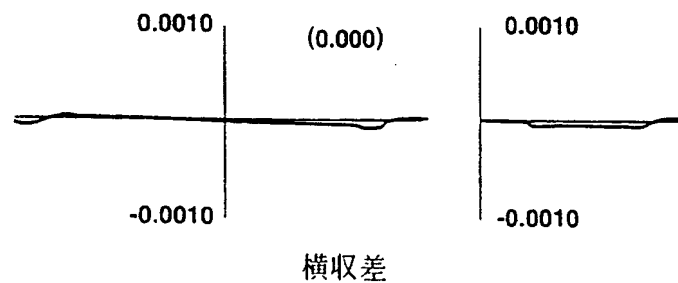


FIG. 3B



3/21

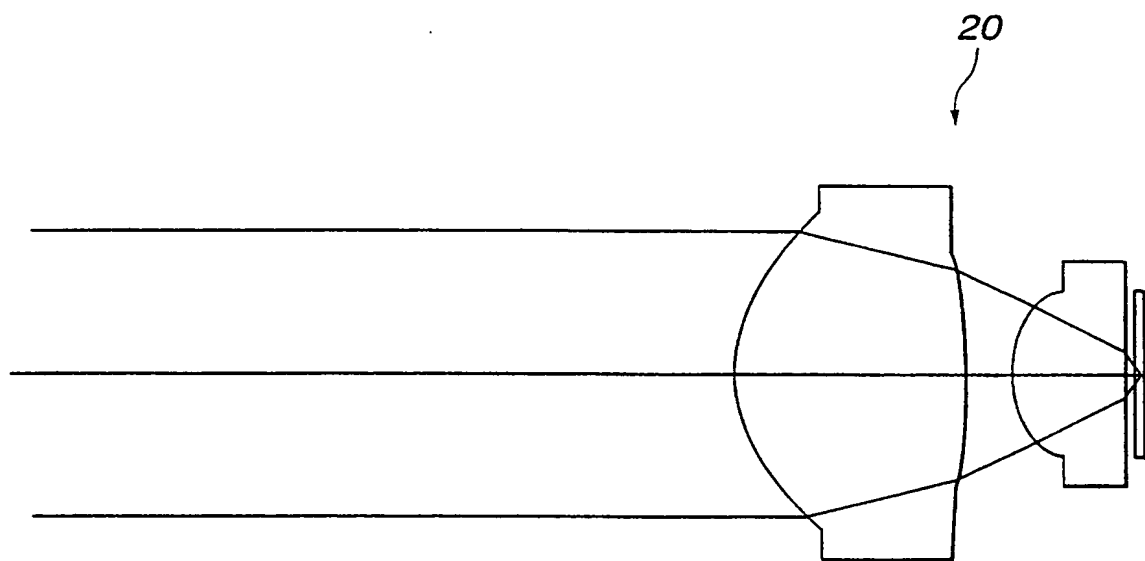


FIG.4

4/21

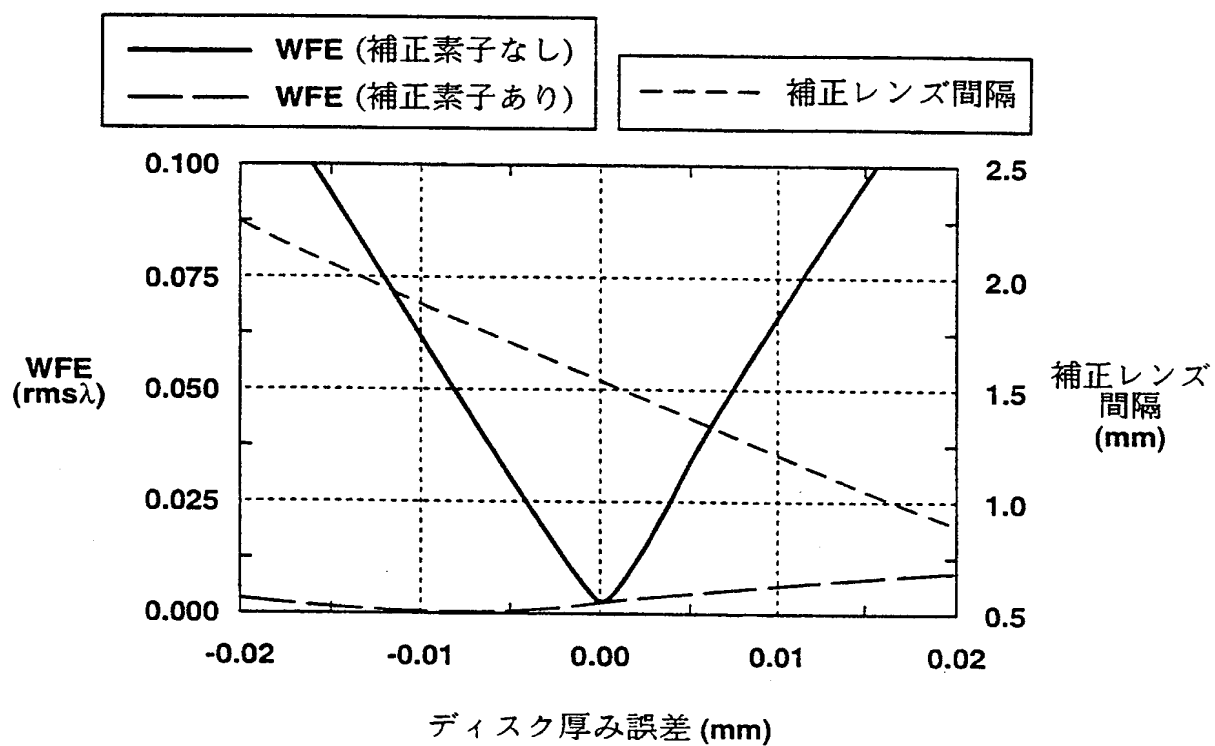


FIG.5

5/21

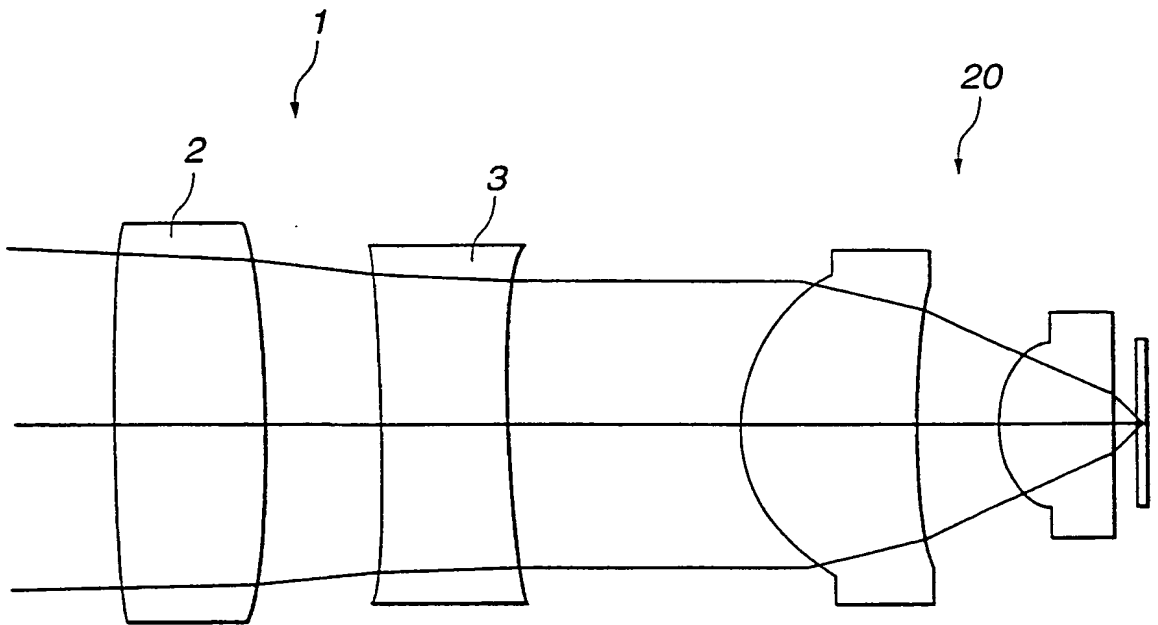


FIG.6

6/21

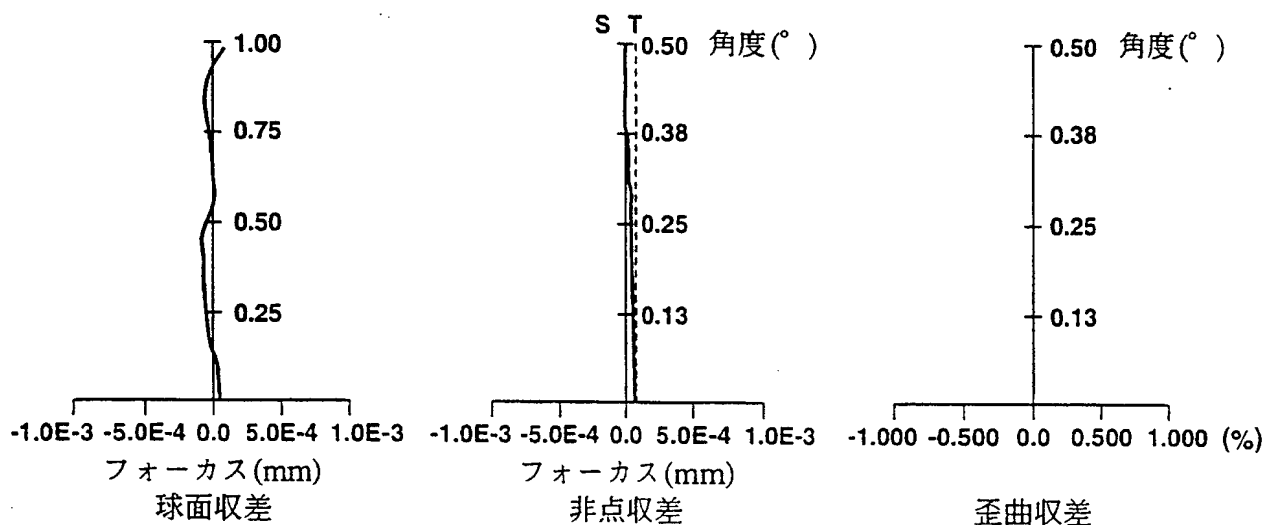


FIG. 7A

FIG. 7B

FIG. 7C

FIG. 8A

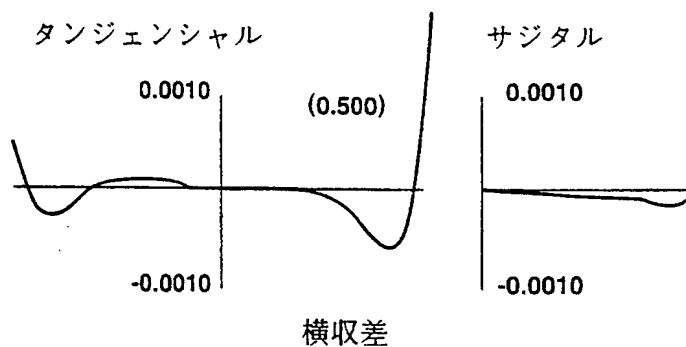
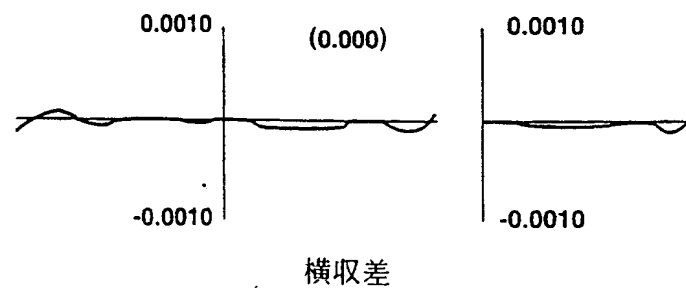


FIG. 8B



7/21

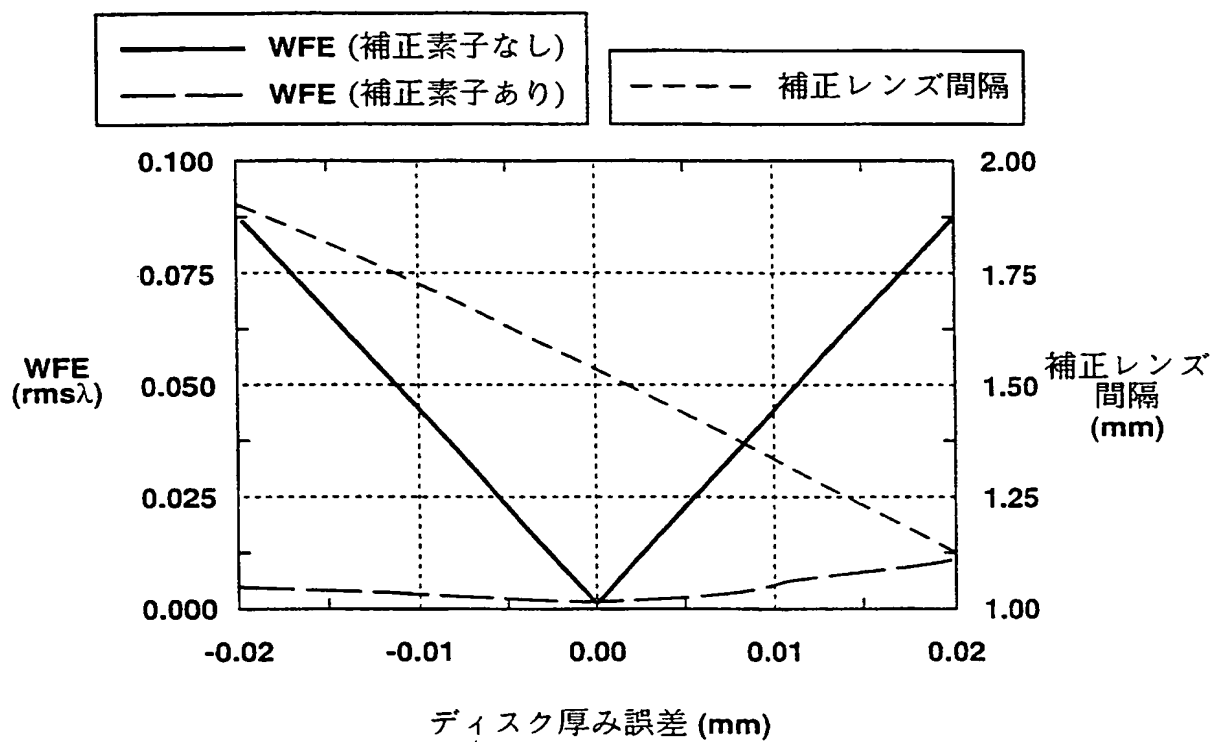


FIG.9

8/21

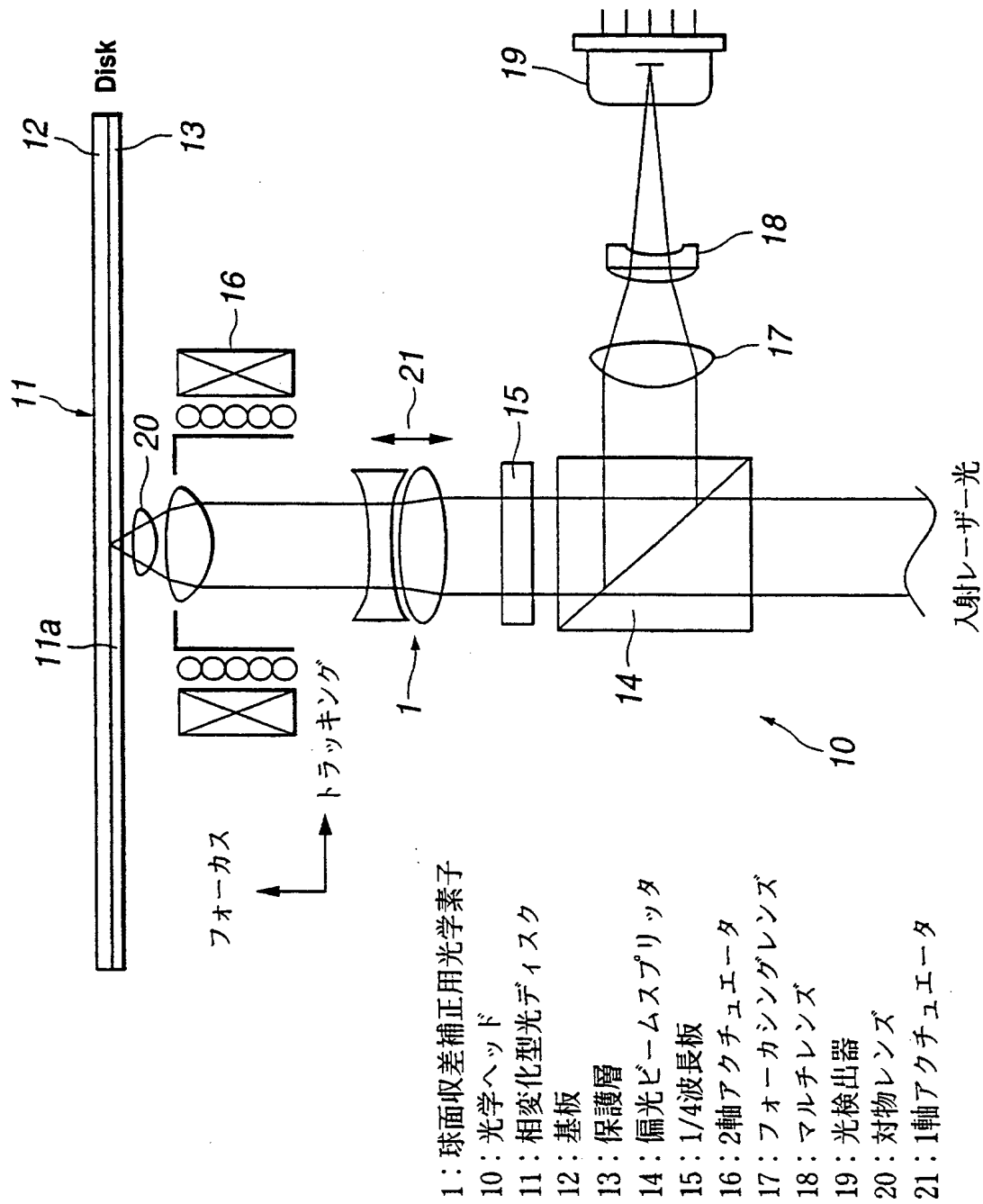
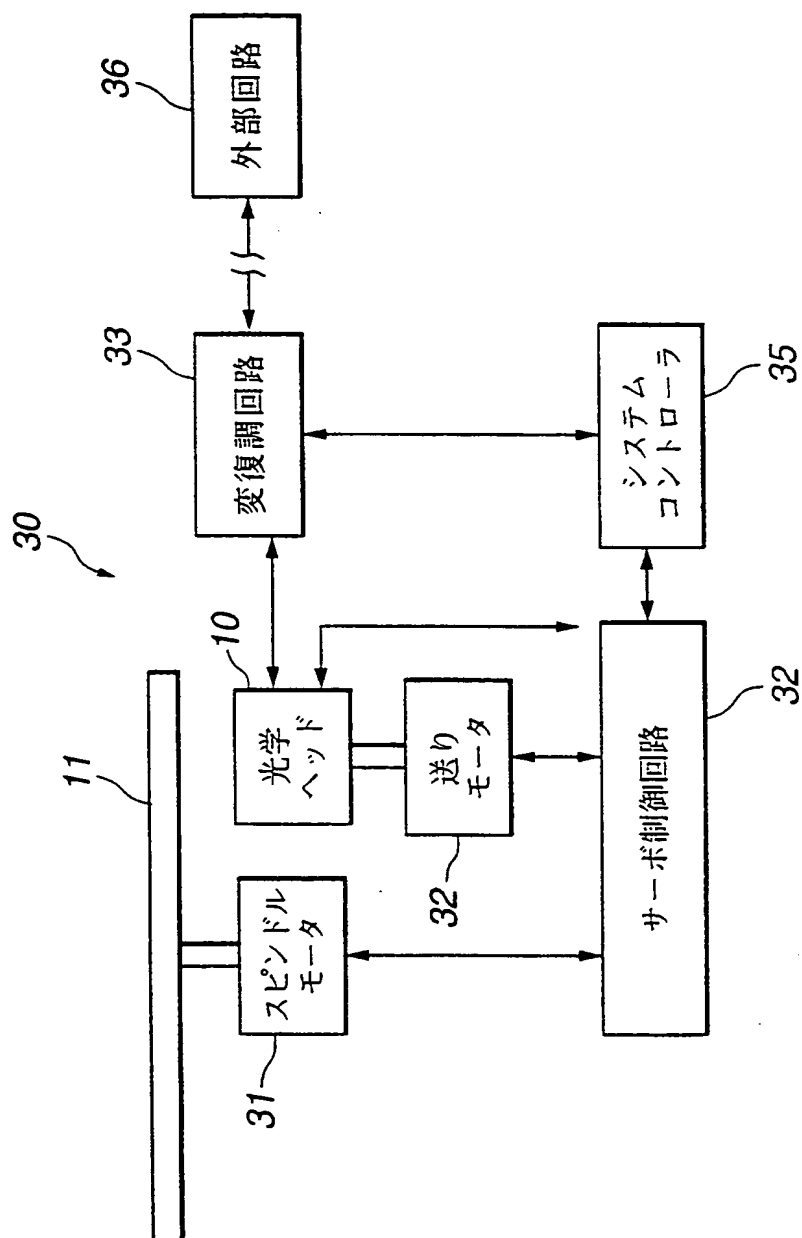


FIG.10

9/21



11: 相変化型光ディスク
30: 記録再生装置

FIG.11

10/21

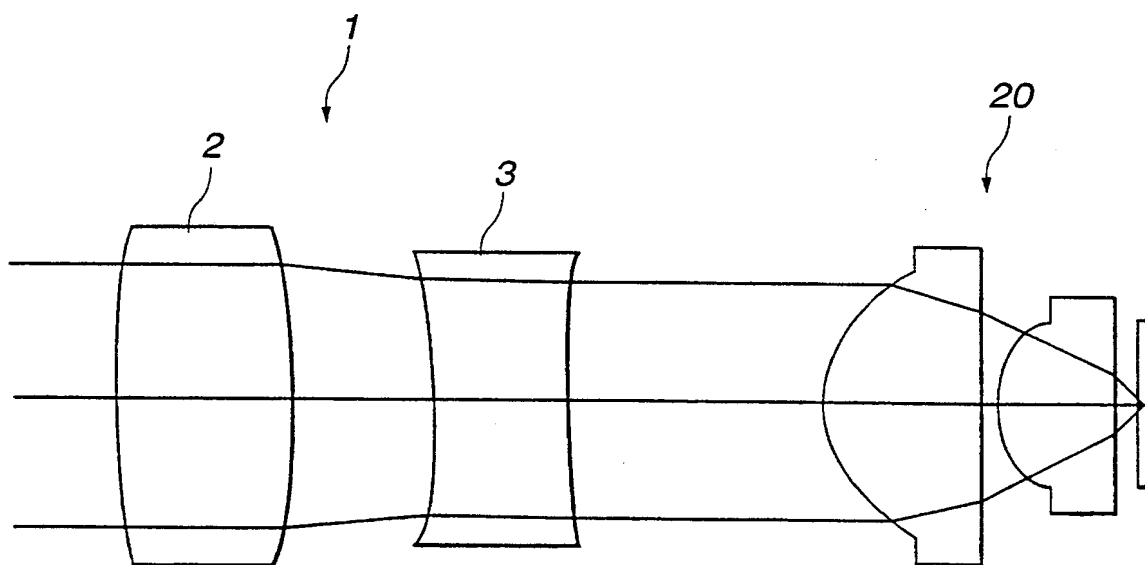


FIG.12

11/21

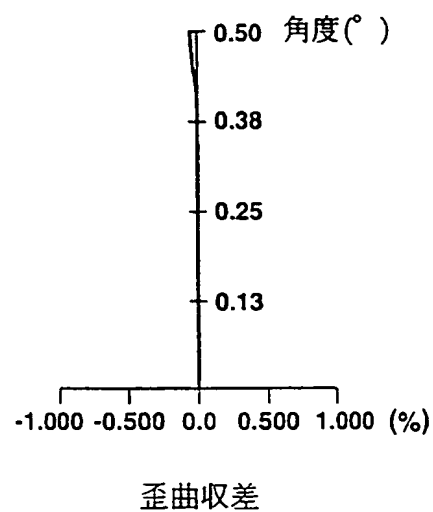
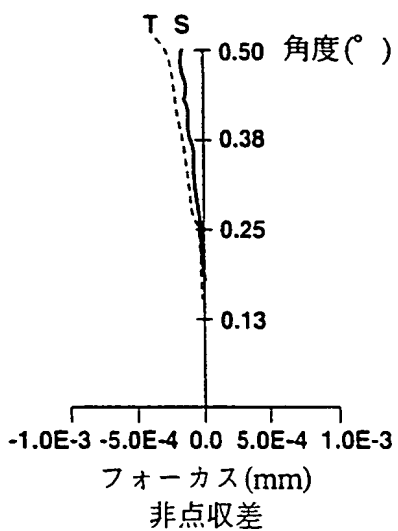
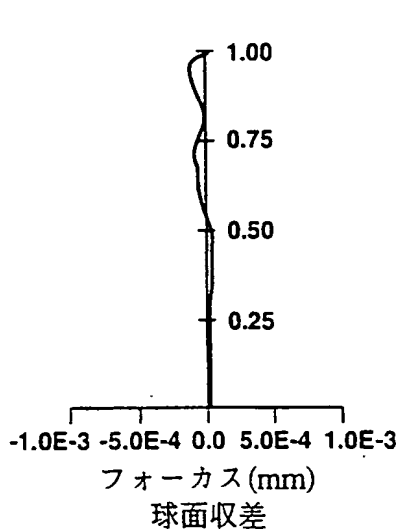


FIG. 14A

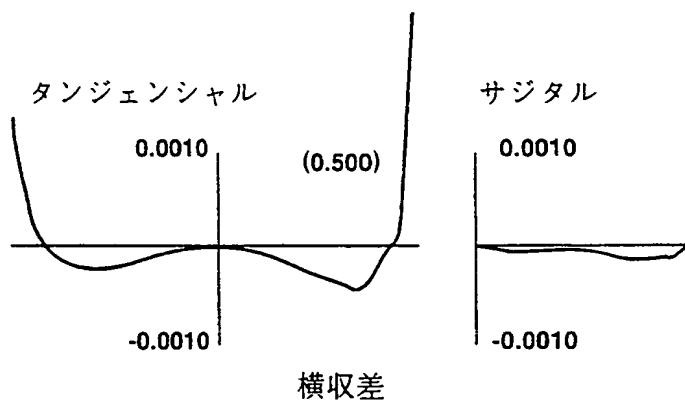
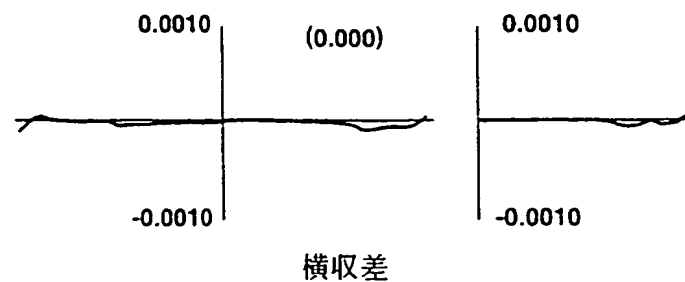


FIG. 14B



差替え用紙 (規則26)

12/21

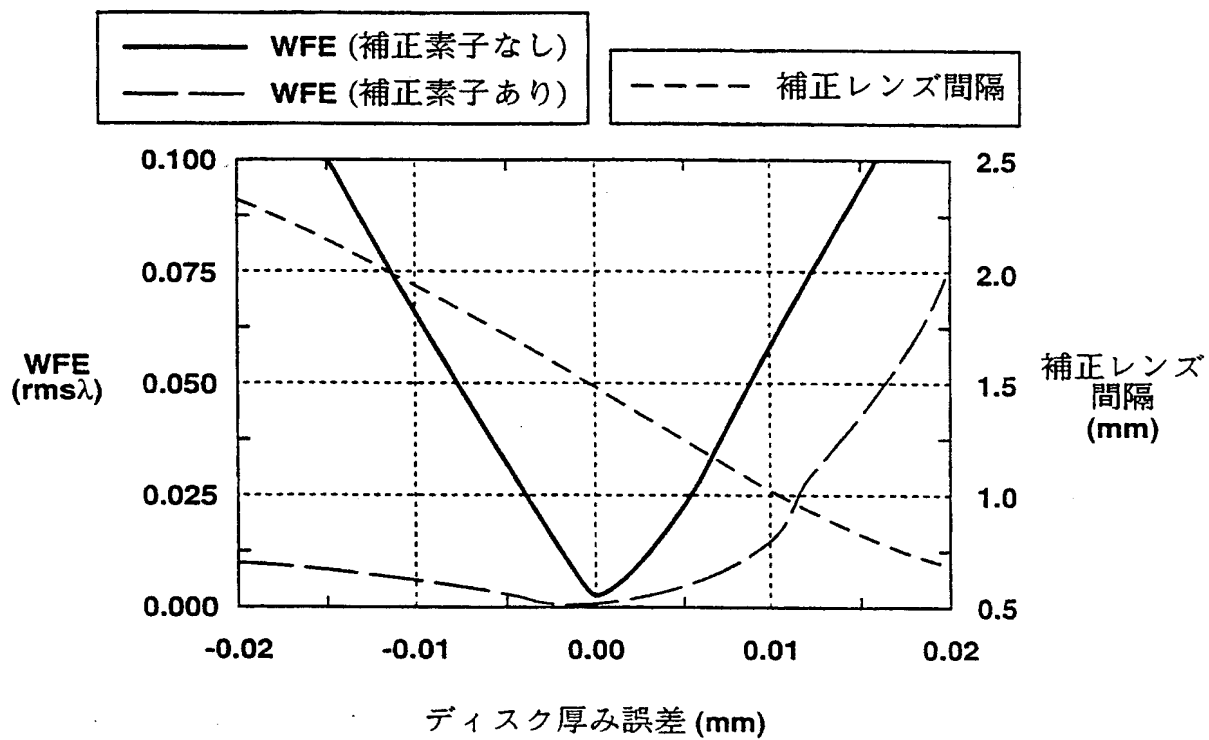


FIG.15

13/21

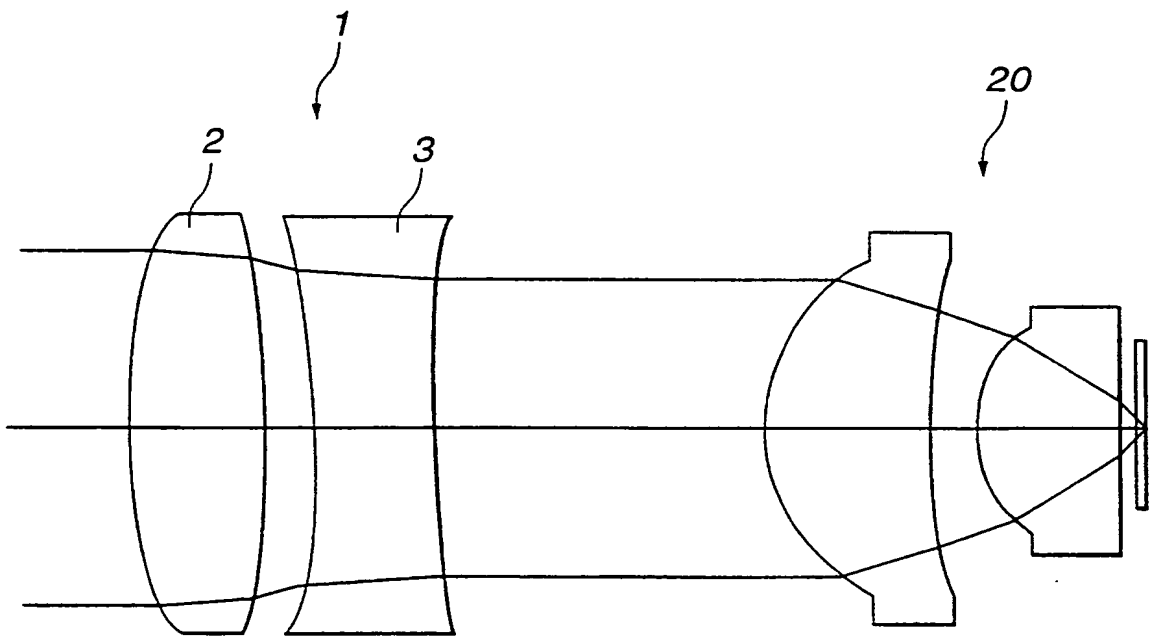


FIG.16

14/21

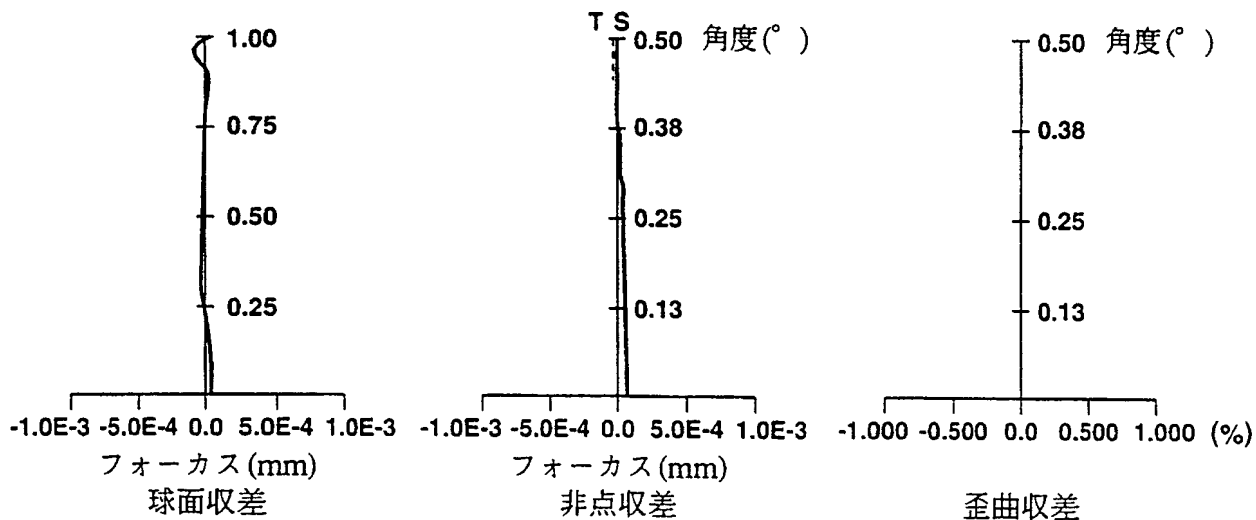


FIG.17A

FIG.17B

FIG.17C

FIG.18A

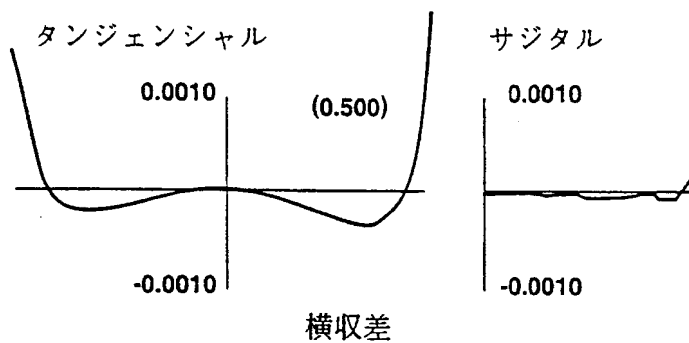


FIG.18B

15/21

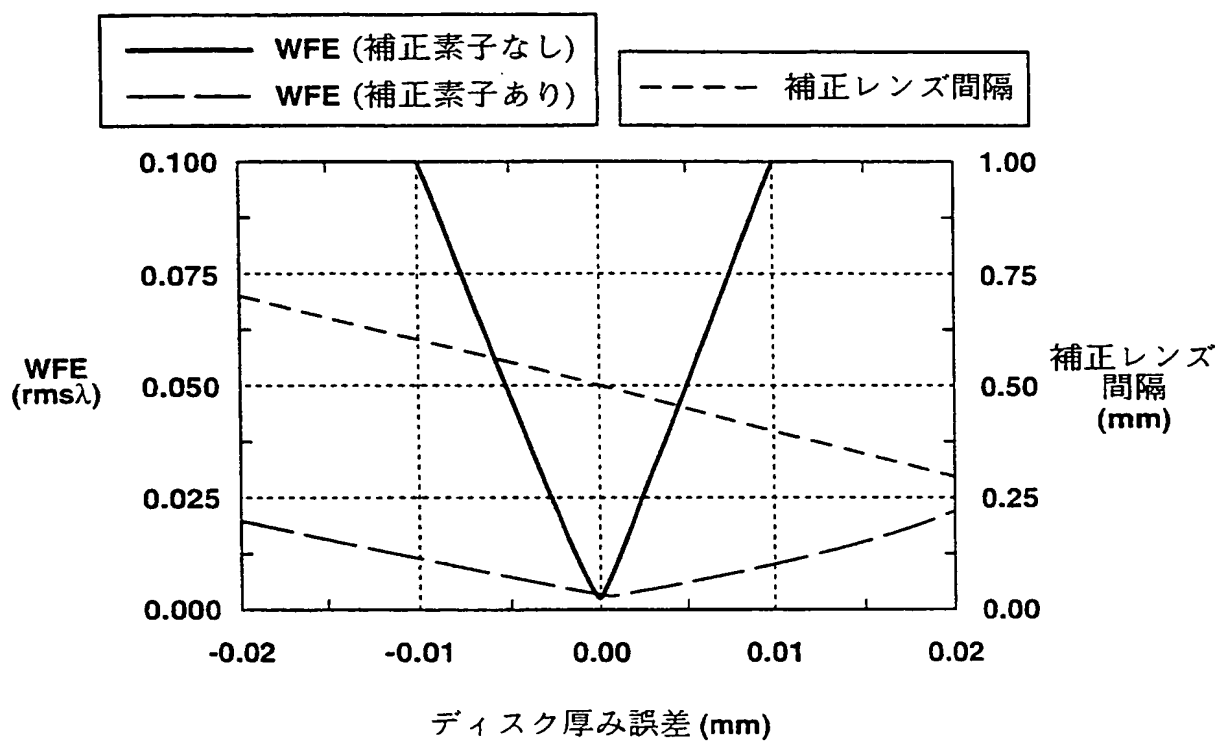


FIG.19

16/21

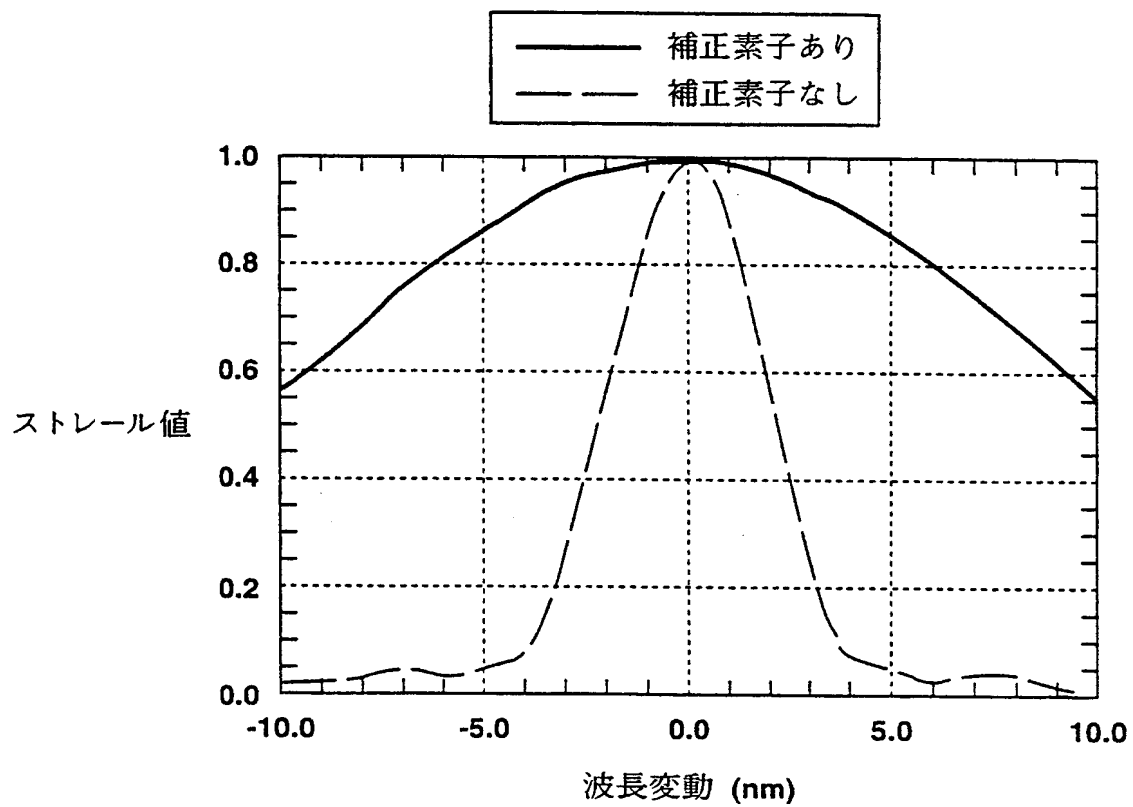


FIG.20

17/21

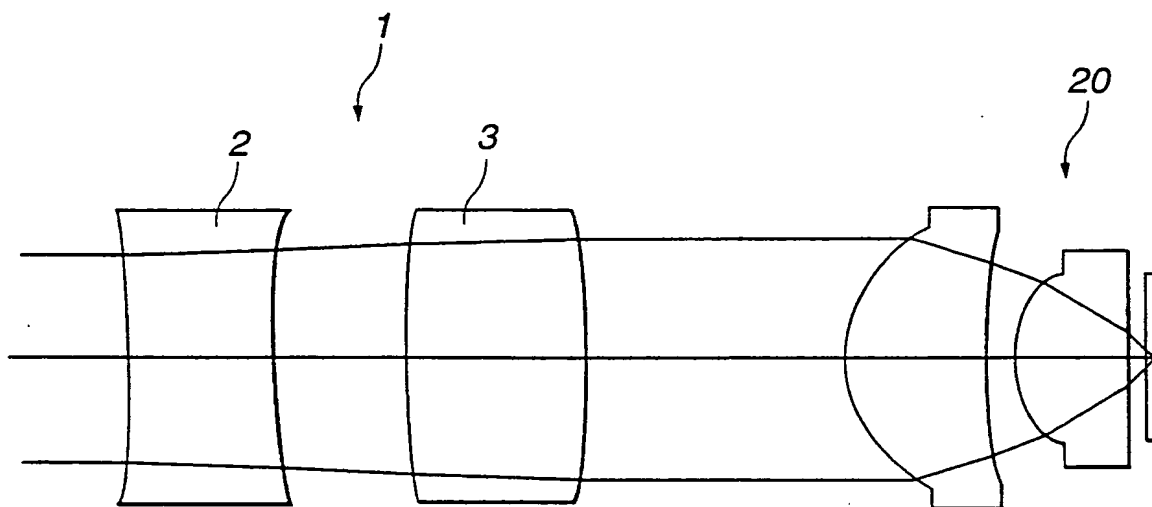


FIG.21

18/21

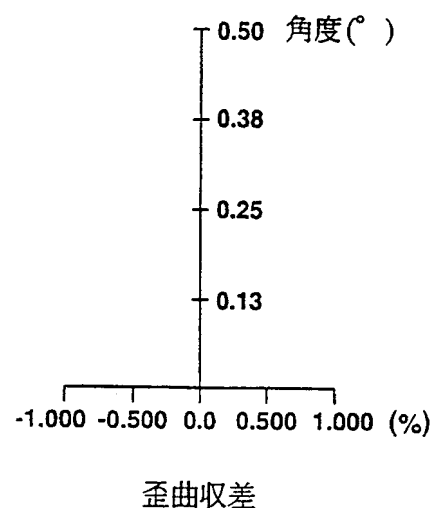
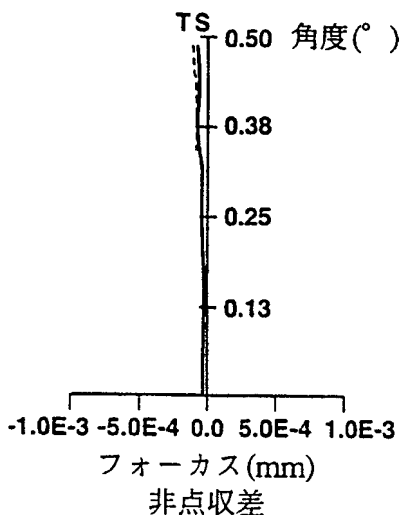
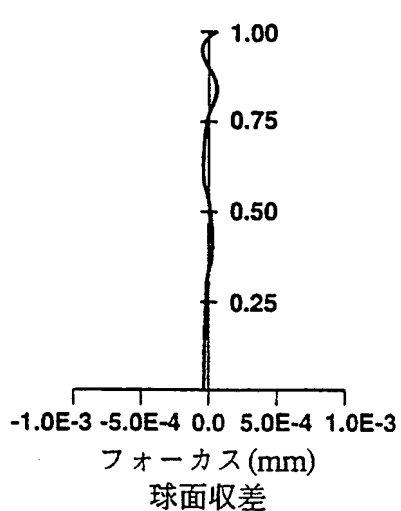


FIG. 23A

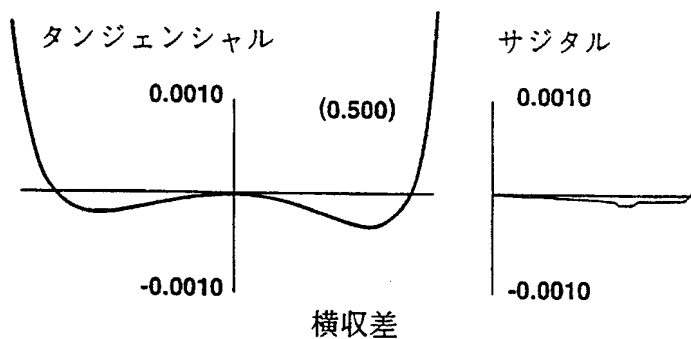
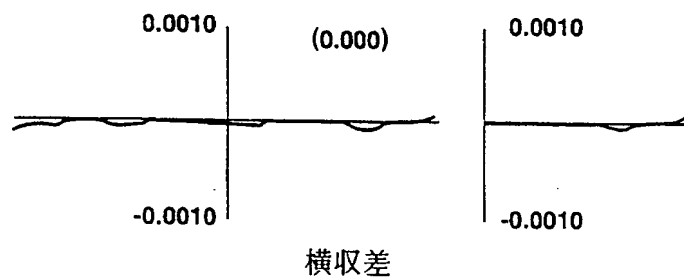


FIG. 23B



19/21

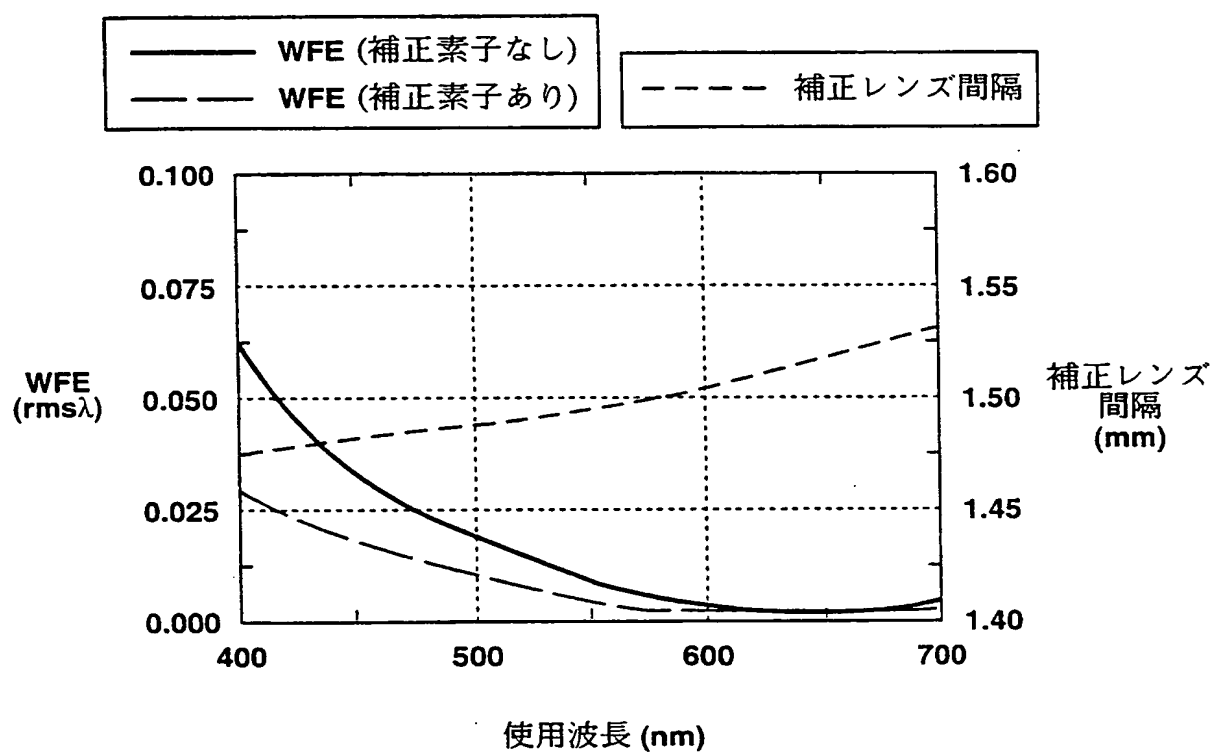


FIG.24

20/21

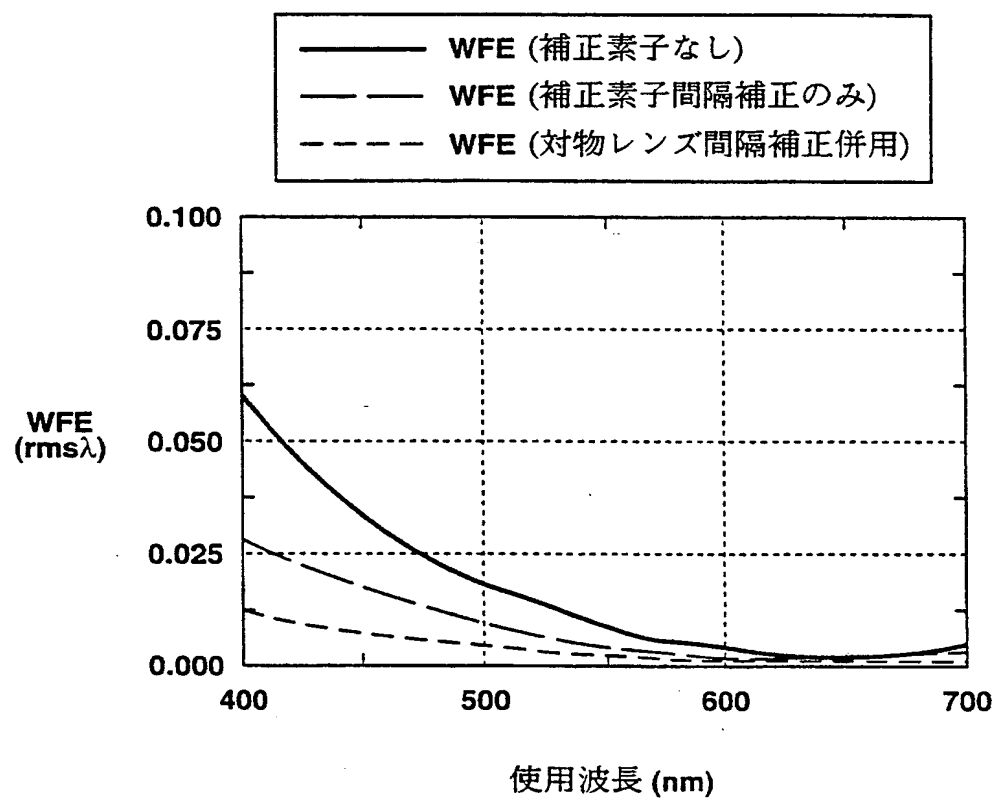


FIG.25

21/21

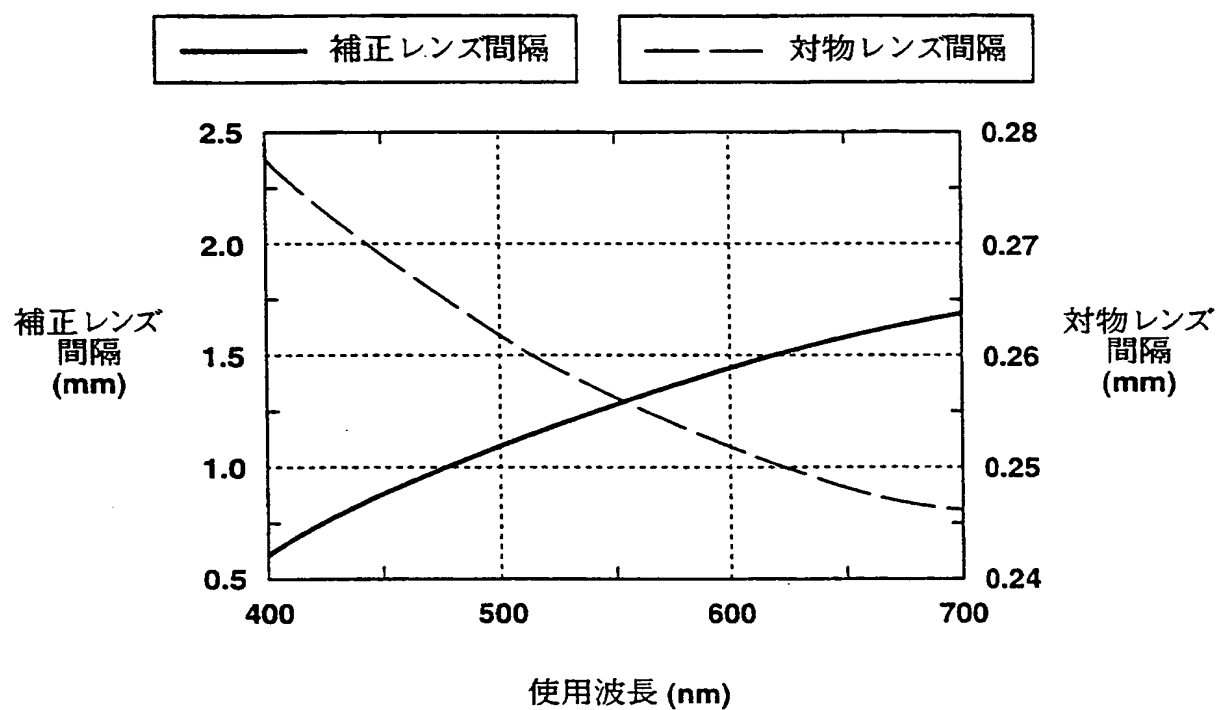


FIG.26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/05856

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁶ G02B13/00, G11B7/135

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁶ G02B13/00, G11B7/135

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Kenji YAMAMOTO, Kiyoshi OSATO, Isao ICHIMURA, Fumisada MAEDA and Toshio WATANABE, "0.8-Numerical-Aperture Two-Element Objective Lens for the Optical Disk", JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, JANUARY 1997, VOL.36, Part1, No. 1B, Pages 456-459, Full text	3, 4, 7, 8, 10, 12
X Y	Yoshisato FUJIOKA, "Objective Lens System for Variable Thickness of Disk Base", OPTICAL PREVIEW, Mar./Apr., 1998, VOL. 5, No. 2, Pages 109-114, Full text	1, 2, 5, 6, 9, 11 3, 4, 7, 8, 10, 12
X Y	JP, 9-197264, A (HITACHI MAXELL, LTD.), 31 July, 1997 (31.07.97), Claim 1; Fig. 1 & US, 5818643, A	1, 2, 5, 6, 9, 11 3, 4, 7, 8, 10, 12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 December, 1999 (01.12.99)

Date of mailing of the international search report
14 December, 1999 (14.12.99)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP99/05856

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ G02B13/00, G11B7/135

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ G02B13/00, G11B7/135

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-1999年
 日本国登録実用新案公報 1994-1999年
 日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	Kenji YAMAMOTO, Kiyoshi OSATO, Isao ICHIMURA, Fumisada MAEDA and Toshio WATANABE, "0.8-Numerical-Aperture Two-Element Objective Lens for the Optical Disk", JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, JANUARY 1997, VOL36, Part1, No1B, P456-459, 全文	3, 4, 7, 8, 10, 12
X Y	Yoshisato FUJIOKA, "Objective Lens System for Variable Thickness of Disk Base", OPTICAL PREVIEW, Mar./Apr., 1998, VOL5, No. 2, P109-114, 全文	1, 2, 5, 6, 9, 11 3, 4, 7, 8, 10, 12

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01.12.99

国際調査報告の発送日

14.12.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山村 浩

2V

9219

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P, 9-197264, A (株式会社マーク) 31. 7月. 1997 (31. 07. 97) 請求項1, 図1 &US, 5818643, A	1, 2, 5, 6, 9, 11 3, 4, 7, 8, 10, 12